7 ELETRÔNICA RÁDIO E TV

SUMÁRIO

INSTITUTO UNIVERSAL BRASILEIRO

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO - TV
7ª LIÇÃO TEÓRICA
CORRENTE CONTÍNUA E VARIÁVEL

Introdução

Os componentes passivos capacitor, resistor e indutor -, que apresentamos nas lições anteriores, são fundamentais no estudo da eletricidade e eletrônica,pois esses componentes, isolados ou em conjunto deverão desempenhar as funções mais variadas, fazendo parte de todos os circuitos que se utilizam em recepção de rádio, televisão, amplificadores de som, etc. Como os elementos passivos são excitados (alimentados) pelos componentes ativos, vamos mostrar como reagem resistor, capacitor e indutor, quando ligados a correntes contínua ou variável.

Corrente contínua ou variável

Recordemos rapidamente as principais propriedades das correntes contínua e variável, com vista, exclusivamente, às aplicações que daremos nesta lição e na lição prática.

I - Corrente contínua

1 - Definição

Chama-se corrente contínua aquela cujo movimento das cargas elétricas (elétrons) se faz sempre em um mesmo sentido, ou seja, do pólo positivo da fonte para o pólo negativo (considerando este sentido como convencional).

Corrente contínua - mesmo sentido

Como exemplos de geradores de corrente contínua, temos os dínamos, as pilhas, etc. Na **figura 1**, ilustramos um circuito que faz uso de um gerador de corrente contínua,enquanto que na **figura 2,** ilustramos seu símbolo, indicando o sentido convencional da corrente. Observe que utilizamos um circuito esquemático exatamente para generalizar a questão. Assim, o gerador G poderia ser uma bateria de pilhas, acumulador, etc., e

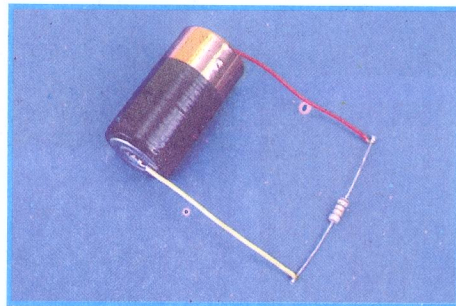



Figura 1 - Circuito utilizando um gerador de corrente contínua.

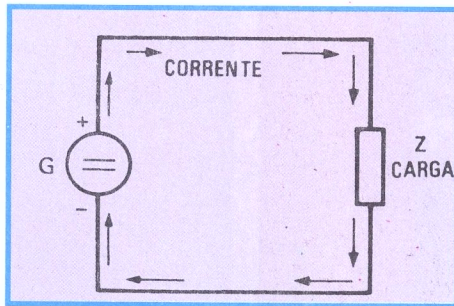



Figura 2 - Diagrama esquemático da figura 1.

a carga poderá ser uma lâmpada, um resistor, um relé, etc.

2 - Características da corrente contínua

Um gerador de corrente contínua apresenta duas características principais:

a) **Forca eletromotriz** - que corresponde à forca responsável pelo movimento das cargas elétricas (elétrons), através do circuito externo.

No circuito externo, cada componente (ou conjunto de componentes) passivo fica sujeito a uma diferença de **potencial** ou **tensão**. Como estudamos, mesmo nos terminais de ligação do gerador já temos a **diferença de potencial** ou **tensão**, pois da sua força eletromotriz temos de descontar a queda em sua resistência interna. Se fosse medida a diferença de potencial, nos terminais do gerador, com um instrumento de medida que não "consumisse" corrente, isto é, de resistência infinita (coisa impossível), então o valor lido seria, de fato, o da força eletromotriz.

Tanto a força eletromotriz como a tensão ou diferença de potencial são medidas com a mesma unidade de medida, que, no caso geral, será o Volt e seus múltiplos e submúltiplos.

b) **Corrente elétrica** - Como vimos em lições anteriores, dá-se o nome de corrente elétrica ao movimento das cargas elétricas. Esse movimento aparece sempre que os terminais do gerador são ligados a um circuito externo. Se esse circuito tem resistência baixa, o movimento é bastante intenso e, em caso contrário, isto é, se a resistência do circuito externo for alta, o movimento dos elétrons será dificultado.

À quantidade de cargas elétricas que passa pela secção de um condutor, durante certo intervalo de tempo, chamamos de **intensidade de corrente elétrica**. À unidade de intensidade de corrente elétrica deu-se o nome de **Ampère**. Na prática, para facilidade de expressão, diz-se que a corrente elétrica é medida em **Ampères** (ou seus múltiplos e submúltiplos), mas o aluno sabe que **corrente elétrica** é o nome que se dá ao fenômeno do movimento das cargas, e que **intensidade** de corrente elétrica é uma avaliação, em termos práticos, desse fenômeno.

3 - Sentido da corrente contínua

Uma propriedade **importantíssima** da corrente contínua, da qual nos valeremos ainda nesta lição para explicar o comportamento de certos componentes passivos, é aquela pela qual os **elétrons** (cargas elétricas) se **movimentam sempre em um mesmo sentido**, ou seja, do pólo positivo para o negativo do gerador.

Do exposto e do que já foi estudado, o aluno pode resumir, assim, as propriedades de um gerador de corrente contínua:

a) **Possui uma força eletromotriz**, que lhe é própria.

b) **Pode fornecer corrente elétrica**, corrente essa que dependerá naturalmente, do valor da força eletromotriz e da resistência do circuito externo (desprezando a interna do gerador).

c) **O sentido do movimento dos elétrons**, ou seja, da corrente elétrica, **é imutável** e **foi convencionado** que ele é do pólo **positivo** para o **negativo**, externamente ao gerador.

As correntes contínuas têm a propriedade de manter sempre o mesmo sentido de deslocamento das cargas elétricas, não o modificando com o decorrer do tempo. Isto quer dizer que, se representássemos no papel tal regime de funcionamento tomando o cuidado de marcar sobre uma reta horizontal o tempo de duração e, sobre uma reta vertical o valor da corrente, teríamos a **figura 3**, que é conhecida como **gráfico** da corrente contínua.

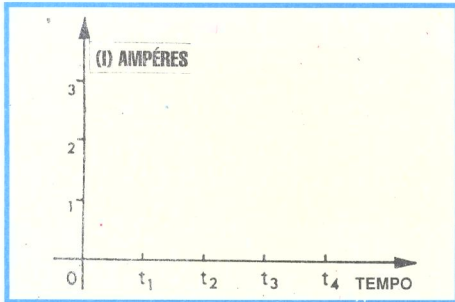



Figura 3 - Gráfico da corrente contínua.

Para que o aluno entenda melhor a questão, vamos admitir um circuito real, composto por uma pilha de 1,5 V (um volt e meio) ligada a um resistor de 1Ω (um Ohm) (veja **figura 4**). No momento em que ligamos o circuito, a corrente que passa pelo resistor é, como sabemos, de 1,5 A (um ampère e meio), pois basta dividir o valor da tensão da pilha pelo da

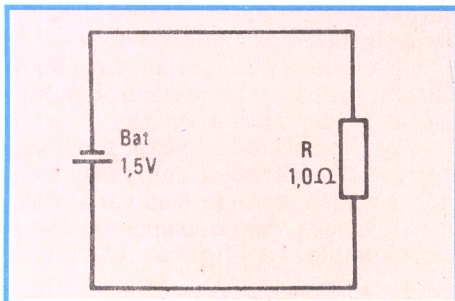



Figura 4 - Circuito esquemático para análise.

resistência do resistor. Se admitirmos que a pilha jamais se descarregue, a representação da tensão (gráfico da

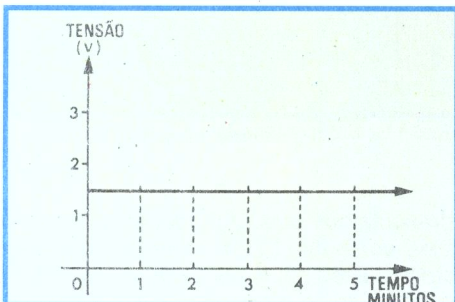



Figura 5 - Gráfico da tensão da figura anterior (hipotética).

tensão) será aquela, que mostramos na **figura 5**.

Como se nota, após o tempo de um, dois, três, quatro ou mais minutos, a tensão permanece sempre a mesma, sendo, no caso, de1,5 V.A corrente também seria sempre a mesma (1,5 A) e seu gráfico seria semelhante ao mostrado na figura 3.

No caso real, a pilha descarrega-se com o correr do tempo; portanto, a tensão em seus terminais vai diminuindo, gradual e progressivamente, até se anular. Um gráfico representando este fato tem o aspecto que mostramos na **figura 6**. Nota-se que a tensão tinha o

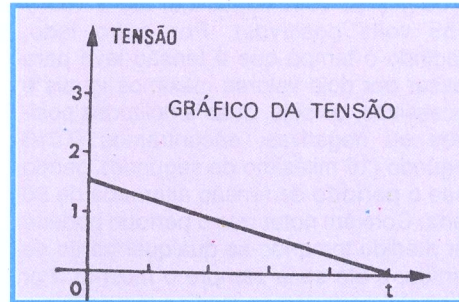



Figura 6 - Gráfico da redução da tensão (real).

valor **V** (um volt e meio, no caso) no instante zero, ou seja, quando ligamos o resistor, e atinge o valor zero, isto é, anula-se, após decorrido o tempo **t**, tempo esse que depende da capacidade da pilha e do valor da resistência. De fato, se ela é baixa, a pilha se descarrega rapidamente, e o tempo **t** é pequeno; em caso contrário, sendo alta a resistência, a descarga da pilha acontece muito devagar, e o tempo **t** é grande.

Esses gráficos têm por objetivo mostrar **visualmente** ao aluno que, no caso da corrente contínua, tanto a tensão como a corrente são representadas por **linhas** retas, quando a carga é um resistor.

II- Correntes variáveis

Contrariamente ao que acontece com a corrente contínua, existem geradores cuja tensão não se mantém constante com o decorrer do tempo, mas sofre variações para mais e para menos, podendo, inclusive, mudar de sentido. São os chamados **geradores de tensão** (ou de corrente) **variáveis**.

Corrente variável - apresenta variações

Esses geradores são muito importantes em eletrônica. Graças a eles é que podemos transmitir informações de som (estações de rádio); de som e imagem (estações de TV); sincronizar (parar) as imagens nos televisores; acionar um dispositivo a distância (telecomando); efetuar as comutações nos computadores e muitos outros.

As tensões e as correntes variáveis mais importantes e que serão utilizadas em nosso curso de rádio e TV são:

1 - Dente-de-serra

O gráfico de uma tensão ou corrente do tipo **dente-de-serra** é o que mostramos na **figura 7**. Como o aluno pode observar, a corrente ou tensão sofre

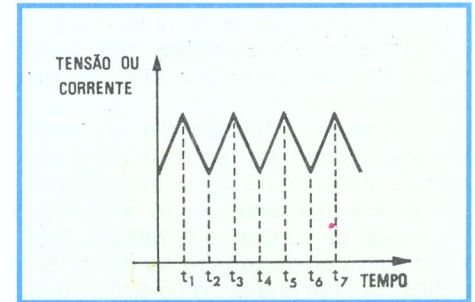



Figura 7 - Onda "dente-de-serra".

variações com o tempo, variações estas que, levadas ao gráfico, dão uma **figura** parecida com os dentes de uma serra, resultando, daí, o nome de **onda dente-de-serra** dado à figura.

2 - Quadrada ou retangular

Na **figura 8,** mostramos o aspecto do gráfico de variação da tensão ou corrente de um gerador de **tensão**

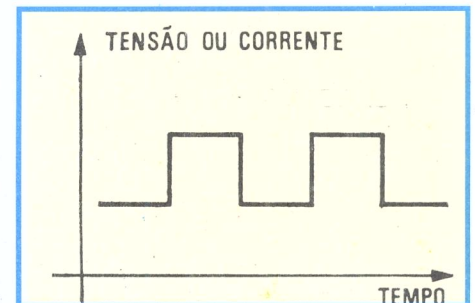



Figura 8 - Onda "quadrada".

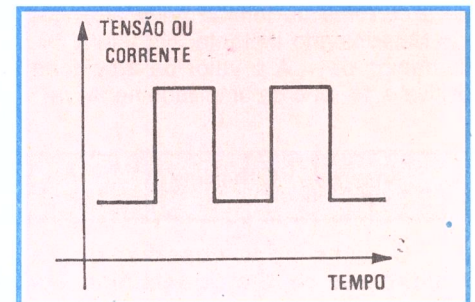



Figura 9 - Onda "retangular".

quadrada. Na **figura 9** temos o de uma tensão ou **corrente retangular**. Essas figuras são chamadas de **onda quadrada** e de **onda retangular**.

3 - Alternada

O gerador de **tensão alternada** é muito utilizado, tanto em eletrônica como em eletrotécnica, pois, dadas as propriedades extraordinárias desse tipo de gerador, as usinas de força elétrica da atualidade geram exclusivamente, tensões alternadas. Por outro lado, os transmissores das emissoras de rádio e TV, como estudaremos mais tarde, possuem o circuito **oscilador**, que nada mais é que um gerador eletrônico de ondas alternadas.

Também a tensão e a corrente alternada podem ser representadas em gráficos, exatamente como fizemos até aqui, ou seja, tomamos o eixo horizontal, para contar os tempos, e o vertical, para marcar o valor da tensão ou corrente. Resulta, daí, um gráfico como o mostrado na **figura 10**, que é chamado de onda **alternada** ou **senoidal**.

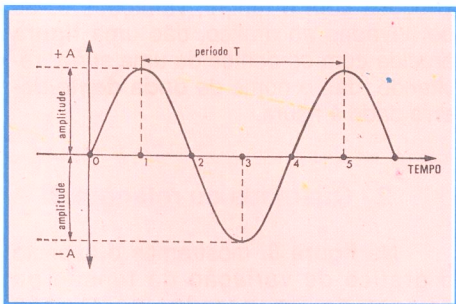



Figura 10 - Onda "senoidal" ("alternada").

Dada a importância desse tipo de gerador, ou seja, do alternador, em uma de nossas lições especiais vamos estudá-lo com maiores detalhes. Por ora, apresentaremos apenas as características da corrente alternada, de que necessitaremos para explicar, qualitativamente, o comportamento dos componentes passivos a ela submetidos. Essas características são:

a) **Amplitude** - que corresponde ao máximo valor (positivo ou negativo) que a corrente ou tensão pode alcançar num determinado instante. Na figura 10, chamamos de + **A** o valor da amplitude positiva e de - **A** o da amplitude negativa.

Amplitude - V máxima

O aluno pode observar que a amplitude se repete, igualzinha, em intervalos de tempo que chamamos de **período**. Nesta figura, chamamos de **T** o período.

Vamos dar um exemplo numérico, que esclarecerá melhor a questão. Consideremos a tensão alternada que alimenta os aparelhos elétricos de nossa residência. No medidor, lemos as indicações: 110 V - 60 hertz. A primeira indicação, ou seja, 110 V, não é da amplitude, mas do valor que chamamos de **eficaz** e que será estudado com detalhes na lição especial já citada. A **amplitude** ou **valor máximo** da tensão no caso, será de cerca de 155 volts. Isto quer dizer que, se possuíssemos um aparelho que nos permitisse medir os valores instantâneos da tensão, observaríamos que ela variaria de - 155 V (155 volts negativos) até + 155 V (155 volts positivos). Por outro lado, medindo o tempo que a tensão leva para passar por dois valores máximos iguais e sucessivos, ou seja, duas amplitudes positivas ou negativas, encontramos 0,016 segundo (16 milésimo de segundo), sendo esse o **período** da tensão alternada de 60 hertz. Convém notar que o período poderia ser medido tomando-se qualquer ponto de partida, e ele seria sempre o mesmo. Por exemplo, poderíamos medir o tempo que a tensão leva para ir de - 100 V (100 volts negativos) ao próximo de - 100 (100 volts negativos) e encontraríamos de novo o mesmo valor já citado de 0,016 segundo, que é o período. Devemos observar também que, a cada período o valor considerado se repete sempre da mesma maneira. Descarte, se a tensão alcança 155 V; após 0,016 segundo, ou seja, após um período, voltará a ser de 155 V; após 2 períodos (0,032 segundo); após 3 períodos (0,048 segundo), e assim por diante.

b) **Freqüência** - por freqüência é conhecido o número de vezes que o ciclo se repete em um segundo. A freqüência corresponde ao movimento de vaivém dos elétrons , durante um segundo.

Freqüência - nº de vezes, em 1 segundo

Ela é medida em hertz, como já sabemos. É uma propriedade extraordinária da corrente alternada.

Hertz = freqüência

Quando o movimento de vaivém dos elétrons é pequeno, diz-se que a freqüência é baixa. Um exemplo típico de freqüência baixa é o da rede de luz e força domiciliar, cujo valor é padronizado em 60 hertz. Os sons que conseguimos ouvir têm freqüências que variam numa faixa bastante ampla, indo desde cerca de 20 Hz até cerca de 16 KHz. Acima dessa gama de valores, começam as freqüências inaudíveis, que terão suas aplicações especiais, como veremos no momento oportuno.

Existe relação entre **freqüência** e **período**.

De fato, como **período é o tempo** necessário para que a **onda alternada efetue um ciclo**, e como **freqüência é o número de ciclos efetuados** no tempo de um segundo, resulta que a freqüência é o inverso do período, e vice-versa. Sendo assim, basta conhecer um, para podermos determinar o outro. Se conhecemos a freqüência, basta dividir o número 1 pelo valor dessa freqüência e teremos como resultado o período em segundos.

$$F = \frac{1}{\text{período}}$$

Inversamente, se se conhece o período em segundos, basta dividir o número 1 pelo seu valor e se terá a freqüência em hertz.

$$\text{período} = \frac{1}{F}$$

Por exemplo, se a tensão tem freqüência de 50 Hz, terá período de 1 ÷ 50, ou seja, 0,02 seg. Do mesmo modo, se sabemos que o período de uma tensão é de 0,001 seg, podemos afirmar que sua freqüência é de 1 ÷ 0,001, isto é, 1 000 Hz.

c) **Fase** - outro conceito importante em eletrônica, ao qual o aluno encontrará referências constantes, é o de **fase** e, principalmente, o de **diferença de fase**.

Na lição especial sobre a corrente alternada, o aluno encontrará explicações mais detalhadas sobre o assunto.

De uma maneira intuitiva, podemos dizer que duas tensões, correntes, etc., estão em fase, quando elas variam da mesma maneira, com o tempo. Observe, por exemplo, a **figura 11** onde

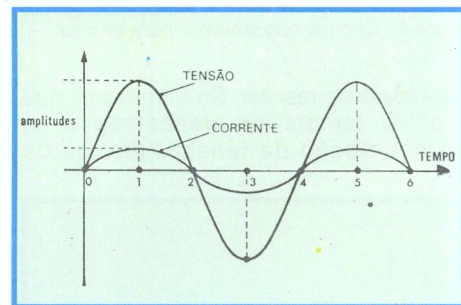



Figura 11 - Gráfico: tensão e corrente em fase.

representamos uma onda de tensão e outra de corrente. Essas duas grandezas elétricas estão em fase. De fato, quando a tensão se anula, isto é, tem amplitude zero (nos instantes 0,2 segundos, 4 segundos, 6 segundos etc.), a corrente também

tem amplitude zero. Nos instantes em que a tensão tem amplitude máxima positiva (instantes 1 segundo, 5 segundos, etc.), a corrente também a terá. O mesmo acontece com a amplitude negativa.

Na **figura 12**, mostramos o gráfico de uma tensão e de uma corrente que não estão em fase. De fato, basta observar que a tensão atinge o máximo valor positivo no instante 1 e a corrente só o fará bem mais tarde, ou seja, próximo ao instante 2, em que ocorre a anulação (amplitude zero) da tensão.

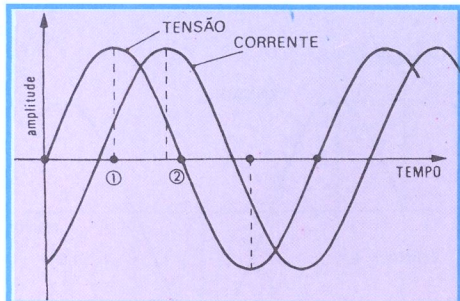



Figura 12 - Gráfico: tensão e corrente que não estão em fase.

Quando a tensão e a corrente não estão em fase, diz-se que há uma **diferença de fase**, medida por um ângulo e geralmente indicado pela letra grega φ. (lê-se: fi).

φ = diferença de fase

Na lição prática, veremos qual é esse ângulo para o circuito que contém exclusivamente resistor, indutor ou capacitor.

d) **Valor instantâneo** - por valor instantâneo entendemos o valor da tensão ou corrente no instante que nos interessa. De fato o aluno observa pela figura 10, por exemplo, que, no instante inicial (instante zero), a amplitude da onda lá representada, onda essa que tanto pode ser de tensão como de corrente, tem valor zero. Já no instante 1, o valor de sua amplitude é máximo. Em outro instante, o valor da amplitude tem um valor qualquer, que corresponde ao seu **valor instantâneo.**

e) **Valor eficaz** - nas aplicações práticas de eletrotécnica, o valor instantâneo da tensão ou da corrente não tem muita utilidade, sendo mais usado o **valor eficaz**.

Por valor eficaz de uma tensão ou de uma corrente entendemos aquele valor que deveria ter a tensão ou a corrente alternada, para produzir o mesmo efeito que uma tensão ou uma corrente contínua conhecida. Por exemplo, suponhamos um circuito que tenha uma resistência imersa na água, como mostramos na **figura 13**.

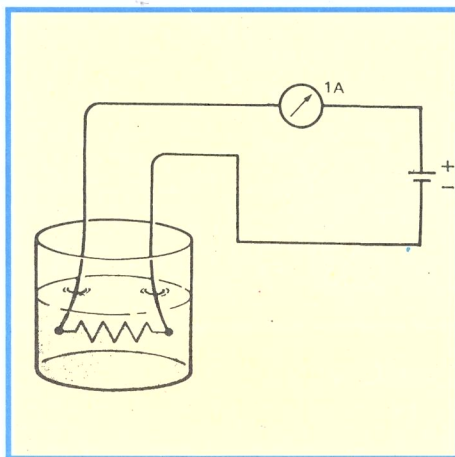



Figura 13 - Exemplo: Resistor imerso na água.

Suponhamos que ligando os terminais desse resistor a uma fonte de corrente contínua, por ele passe uma corrente de **um Ampère**, e a água aqueça até 100° (cem graus), ou seja, ferva em 10 minutos. Pois bem, se repetirmos a prática, ligando o resistor a uma fonte de corrente alternada, diremos que essa corrente tem a **eficácia** da corrente contínua, se ela reproduz o mesmo efeito, isto é, aquece a mesma quantidade de água (nas mesmas condições da anterior), até à mesma temperatura e no mesmo tempo. Então, essa corrente será também de **um Ampère** de **valor eficaz.** Agora, se medíssemos o valor máximo (amplitude) da corrente de **um Ampère eficaz**, iríamos encontrar que ele é bem maior que um Ampère, ou seja, exatamente 1,41 A, que corresponde a cerca de 41% (41 por cento) mais do que 1 A. Se fizéssemos outras experiências, ou seja, mudando o resistor para que a corrente também mudasse, encontraríamos sempre essa mesma proporção, isto é, a corrente máxima corresponde, sempre, a 41% mais do que a eficaz, donde se escreve que:

$$I_{máx} = 1,41\ I_{ef}$$

ou, se quisermos conhecer o valor eficaz conhecendo o valor máximo:

$$I_{ef} = I_{máx} \div 1,41$$

Observações:

1ª) Tudo o que afirmamos acima, para a corrente alternada, vale também para a tensão; logo:

$$V_{máx} = 1,41\ .\ V_{ef}$$

$$\text{e} \quad V_{ef} = V_{máx} \div 1,41$$

Assim, podemos determinar com facilidade o valor máximo da tensão da rede de distribuição de força de nossa residência, cujo valor eficaz é de 110 V. De fato, o valor máximo será:

$$V_{máx} = 110 \times 1,41 = 155,1 \text{ volts}$$

2ª) O conhecimento do valor máximo, embora não tenha muito interesse prático em eletrotécnica, é bastante importante em eletrônica, como mostraremos em lições futuras. Por ora, poderíamos citar, por exemplo, o caso de

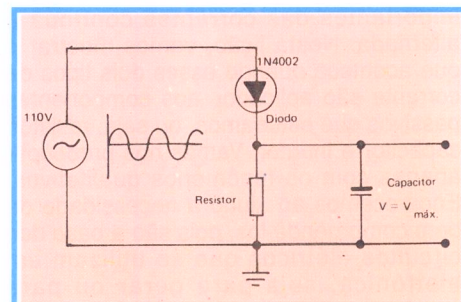



Figura 14 - Exemplo: circuito retificador.

um circuito retificador, como mostramos na **figura 14**, circuito esse que é comum nos receptores de rádio. Como o aluno sabe, só há passagem de corrente pelo diodo quando o ânodo é positivo em relação ao cátodo. Logo, o diodo só deixa passar os semiciclos positivos da corrente e, no resistor de carga ligado ao cátodo, teríamos uma corrente, cuja forma de onda é aquela mostrada na **figura 15**, ou seja, é uma onda alternada, onde só existem os semiciclos positivos.

Pois bem, essa onda, aplicada ao capacitor de grande capacidade, carrega-o, e ele atinge diferença de potencial que tem valor mais elevado que o da tensão eficaz aplicada ao diodo. Isto se deve ao fato de que ele se carrega com a tensão máxima da onda.

Rememoradas as principais características das correntes contínua e alternada, na lição prática vamos aplicá-las aos componentes passivos - resistor, capacitor e indutor - separadamente, e verificar seu comportamento, o que é fundamental nos circuitos de eletrônica.

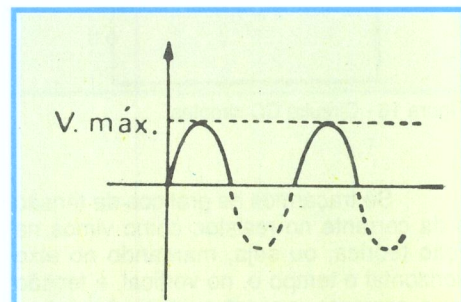



Figura 15 - Gráfico da tensão de saída do circuito retificado.

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO - TV

7ª LIÇÃO PRÁTICA

COMPORTAMENTO DE R, L e C NOS CIRCUITOS DE CC e CA

Introdução

Na lição teórica anterior, recordamos as características mais importantes das correntes contínua e alternada. Nesta lição, vamos mostrar o que acontece quando esses dois tipos de corrente são aplicados aos componentes passivos que estudamos, ou seja, resistor, capacitor e indutor. Vamos nos preocupar apenas com os fenômenos qualitativos. Encarecemos ao aluno a necessidade de bem compreendê-los, pois são a base dos circuitos elétricos que se utilizam em eletrônica, seja para gerar ou para receber um sinal como o de rádio, TV, radar, etc.

I - O resistor

1 - Ligado a uma fonte de corrente contínua

Liguemos um resistor a uma fonte de corrente contínua, como mostramos na **figura 16**, através de uma chave Ch. Esse circuito já é muito conhecido do aluno. Sabemos que, ao se fechar a chave interruptora Ch, estabelece-se uma corrente contínua através do resistor, corrente essa que é calculada dividindo-se o valor da tensão, nos pontos **a** e **b** pelo valor do resistor.

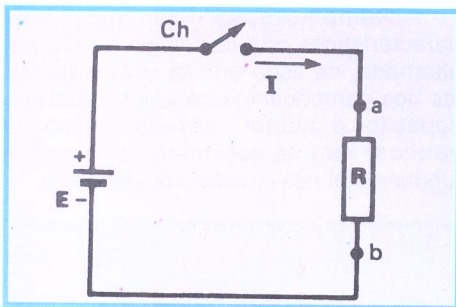



Figura 16 - Circuito CC simples.

Se traçarmos os gráficos da tensão e da corrente no resistor, como vimos na lição teórica, ou seja, marcando no eixo horizontal o tempo e, no vertical, a tensão ou a corrente, encontraremos desenhos como os da **figura 17**, que mostram que a tensão e a corrente permanecem constantes, isto é, iguais em qualquer tempo, naturalmente admitindo que a tensão do gerador E permaneça constante.

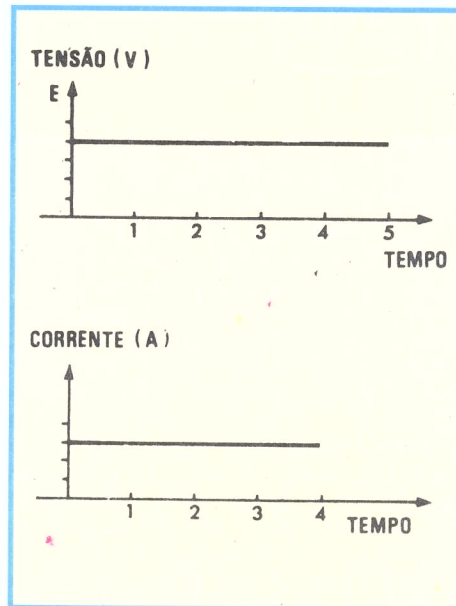



Figura 17 - Gráficos de tensão e de corrente.

2 - Ligado à fonte de corrente alternada

Liguemos um resistor a uma fonte de corrente alternada, como ilustramos na **figura 18.** Neste caso, não podemos

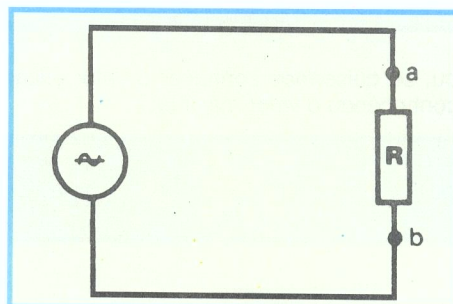



Figura 18 - Circuito CA simples.

indicar o sentido da corrente, como fizemos na figura 16, porque a corrente alternada não tem polaridade, pois os elétrons efetuam o movimento do vaivém. Representando os gráficos da tensão e da corrente, teremos a **figura 19 a** e **b**, respectivamente. O importante a verificar nessa **figura** é que a tensão e a corrente estão **em fase**. De fato, quando a tensão aumenta, a corrente também aumenta, e ambas atingem as amplitudes máximas e mínimas no mesmo instante.

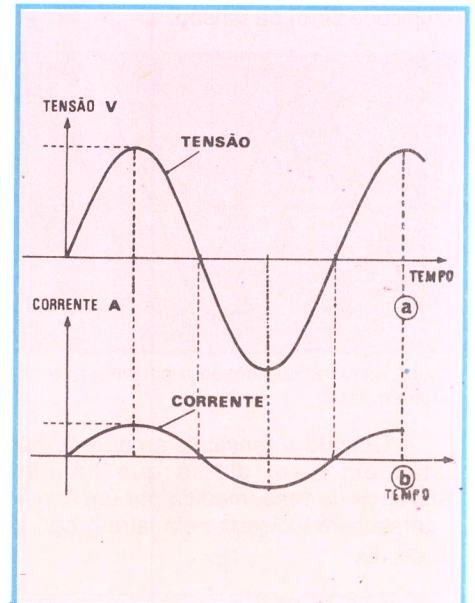



Figura 19 - Gráficos de corrente e de tensão em fase.

Por outro lado, se intercalássemos um amperímetro em série com o resistor, leríamos o valor eficaz da corrente, valor esse que poderíamos **calcular** exatamente como sabemos fazer para os circuitos de corrente contínua, ou seja, dividindo o valor da tensão eficaz do gerador pelo valor ôhmico do resistor.

Por exemplo, se o gerador tem tensão eficaz de 110 V e a resistência tem valor ôhmico de 55 Ω, a corrente lida no amperímetro seria exatamente de 2 A (dois Ampères), pois:

$$110\ V \div 55\ \Omega = 2\ A$$

A energia desprendida no resistor sob a forma de calor também será calculada, multiplicando-se o valor da diferença de potencial eficaz pelo valor eficaz da corrente. No exemplo dado, essa energia será de:

$$110\ V \times 2\ A = 220\ watts$$

Em resumo, devemos saber que, num circuito de corrente alternada contendo um resistor (ou somente elementos resistivos), temos:

> a) A corrente e tensão estão em fase.
>
> b) Todos os cálculos que se fazem para o resistor, no circuito de corrente contínua, valem também para o circuito de corrente alternada, tomando-se os valores eficazes das grandezas elétricas, tensão e corrente.

Observação: Vimos que a função de um resistor em corrente contínua é dificultar a passagem da corrente, e isto acontece com a transformação da energia elétrica em calor. É fácil compreender que o sentido da corrente no resistor não tem nenhuma influência em seu aquecimento, pois bastaria inverter a polaridade do gerador, ou, então, os terminais de ligação do resistor, para comprovarmos que a quantidade de calor desprendida continuaria sendo a mesma. Isto serve para entendermos porque o resistor se comporta, para o gerador de corrente alternada, como se ele fosse gerador de corrente contínua. Assim, a variação da corrente, ou seja, a freqüência, dentro de certos limites, não tem nenhuma influência na resistência. A ressalva quanto a certos limites de freqüência é verdadeira, pois, como estudaremos no momento oportuno, quando a freqüência é muito alta, a corrente tem tendência a circular somente pela parte externa do condutor, e isso varia (aumenta) a resistência.

II - O indutor

1 - Ligado ao gerador de corrente contínua

O indutor, como já estudamos, é constituído por um fio enrolado em espiras. Esse fio tem resistência ôhmica. Quando ligamos o indutor nos terminais de um gerador de corrente contínua, desprezando o curto espaço de tempo em que ligamos a chave, podemos dizer que a corrente fica determinada exclusivamente pelo valor da tensão do

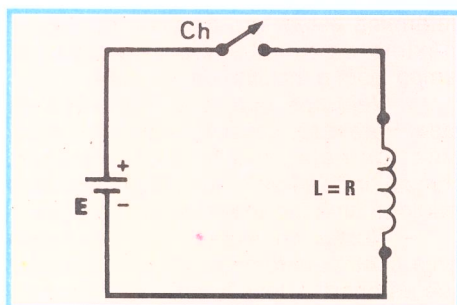



Figura 20 - Circuito CC com indutor como carga.

gerador e da resistência ôhmica do fio. Na **figura 20**, mostramos um circuito possuindo um gerador de corrente contínua, uma chave interruptora e um indutor. Na **figura 21**, mostramos o gráfico da corrente, transcorrido certo

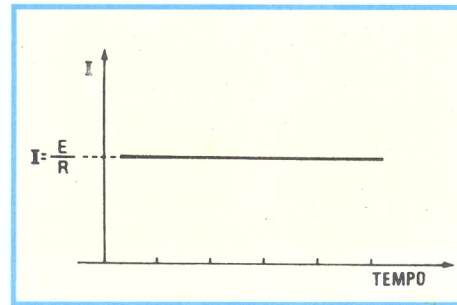



Figura 21 - Gráfico da corrente no circuito.

tempo após a ligação da chave. Essa corrente é calculada, como o aluno sabe, dividindo-se o valor da tensão em volts pelo valor da resistência do fio em Ohms. O resultado é dado em Ampères.

Na **figura 22**, mostramos o gráfico da corrente no indutor, no instante em que a chave é ligada. Como se observa, a corrente não passa imediatamente de

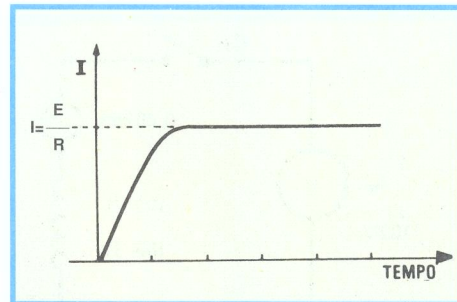



Figura 22 - Gráfico: corrente no indutor quando CH é pressionada.

zero (circuito aberto) ao valor de regime (dado pela divisão da tensão pela resistência do fio), mas vai aumentando, gradativamente. Isto se deve ao fato de que, no momento em que se liga a chave, a corrente começa a circular pela bobina, passando do valor zero até o valor $E \div R$. Sabemos que, quando varia a corrente em um condutor, varia também o campo magnético que essa corrente cria. Sabemos ainda que um condutor, colocado em campo magnético variável, gera força contra-eletromotriz, ou seja, gera corrente que se opõe à corrente que a produziu. Em resumo, o fenômeno é o seguinte: no momento em que é ligada a chave, a corrente, que varia de zero até o valor I induz na bobina corrente de sentido contrário, que procura evitar o aumento da corrente. É por isso que a corrente passa lentamente de zero até o valor de regime. O aluno deve notar que a corrente de regime acontece quando não há mais variação do campo magnético. Fica, assim, explicada a razão do gráfico da figura 22.

Tudo que afirmamos até agora, para o estabelecimento da corrente no indutor vale também para o desaparecimento, isto é, quando se desliga a chave, a corrente no indutor não cai bruscamente a zero, pelos motivos já explicados, mas lentamente. A rapidez com que a corrente se estabelece ou desaparece dependerá da indutância L e da resistência R do indutor ou, mais precisamente, da relação (divisão) entre L e R. Essa relação é chamada de **constante de tempo**.

Esse efeito pode ser visualmente comprovado pela seguinte experiência.

Tome um indutor de valor elevado, por exemplo, cerca de 100 H, e meça sua resistência ôhmica. Tome agora um resistor que tenha resistência ôhmica igual a do indutor. Para facilidade de exposição, vamos admitir que o indutor tenha 100 Ω; então, o resistor também deverá ser de 100 Ω. Agora, tomemos duas lâmpadas de incandescência iguais, uma chave de 2 pólos e duas posições, uma fonte de corrente contínua, e montemos o circuito da **figura 23**. As lâmpadas podem ser de 5 W e a fonte de 110 VCC.

Montado o circuito, a experiência consiste no seguinte:

a) Liga-se a chave na posição 1. Observa-se que a lâmpada L_2 se acende de imediato, ao passo que a lâmpada L_1 vai aumentando de brilho aos poucos, o que comprova que a corrente no indutor aumenta gradualmente.

b) Inverte-se o sentido da corrente, passando a chave para a posição 2, rapidamente. Agora, observa-se que a lâmpada L_2 dá apenas uma piscadela, que corresponde ao tempo de passar a chave da posição 1 para a posição 2. No entanto, a lâmpada L_1 perde seu brilho (apaga-se) lentamente e volta a acender-se também lentamente. Isso comprova que a corrente no indutor desapareceu lentamente e, com a mesma velocidade, voltou a estabelecer-se.

Observações:

a) Quanto maior a indutância do indutor e menor sua resistência, mais demorado é o estabelecimento e o desaparecimento da corrente.

b) O efeito do desaparecimento da corrente pode ser notado sem necessidade da experiência anterior. Basta o aluno observar o que acontece quando desliga um interruptor qualquer, como a chave de força de sua residência (com algum aparelho eletrodoméstico ligado) ou o platinado do automóvel. Verificará que, no momento em que a chave (não o platinado) é desligada, **salta uma faísca**. Aparentemente, não há nenhuma razão para a faísca, pois, quando a chave é aberta, há o corte do circuito. Entretanto, a faísca surge em virtude da indutância do circuito que provoca a força contra-eletromotriz que se opõe a abertura do circuito.

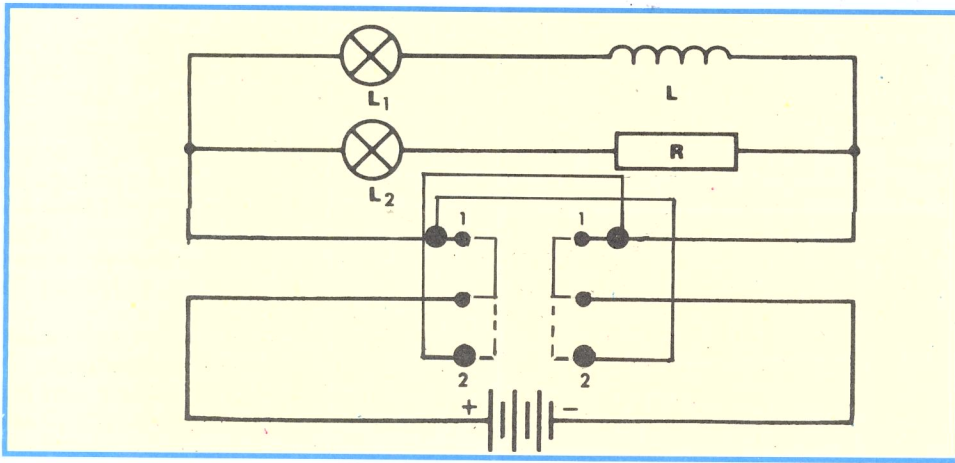



Figura 23 - Exemplo prático: Constante de tempo.

c) O aluno deve notar que, na observação anterior, mesmo que nenhum indutor esteja ligado ao circuito, basta a indutância própria dos fios de ligação para provocar o fenômeno.

d) A faísca na abertura de circuitos deve ser evitada, porque ela danifica os contatos. Por isso, algumas chaves interruptoras possuem molas que abreviam o tempo de abertura, ao mesmo tempo que distanciam entre si os contatos. No caso dos platinados, há um capacitor que neutraliza a faísca, como veremos ainda nesta lição.

2 - Ligado a uma fonte de corrente alternada

Quando um indutor é ligado a uma fonte de corrente alternada, seu comportamento não é o mesmo do que ocorre se ligado a uma fonte de corrente contínua. De fato, para demonstração do que afirmamos, vamos considerar o indutor de 100 H e 100 Ω, já citado, e efetuar com ele duas experiências:

1ª) Vamos ligá-lo a uma fonte de corrente contínua de 100 V, em série com um amperímetro, como mostramos na **figura 24**. Passado o momento inicial de estabelecimento de corrente, o amperímetro se estabilizará na marca de 1 A (um Ampère), valor esse facilmente calculável, pois basta dividir o valor da tensão (100 V) pelo da resistência (100 Ω).

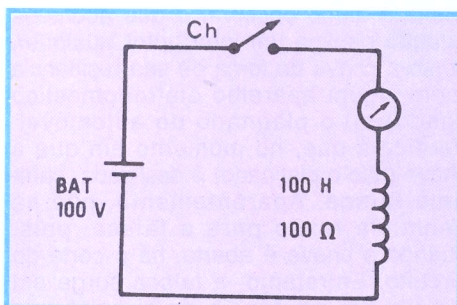



Figura 24 - Indutor em corrente contínua.

2ª) Nesta segunda experiência, vamos substituir o gerador de corrente contínua por outro de corrente alternada, que tenha a mesma tensão, ou seja, 100 V eficazes e freqüência de 60 Hz. Admitamos que o amperímetro seja do tipo chamado de **ferro móvel**, que serve para medir tanto corrente contínua como alternada. Temos o circuito da **figura 25**. Ligando a chave Ch, vamos observar que

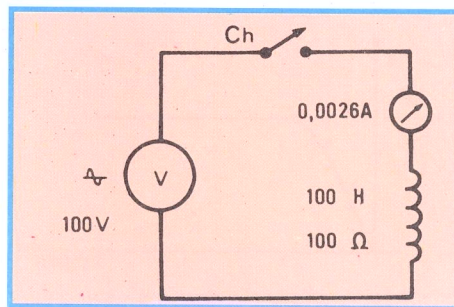



Figura 25 - Indutor em corrente Alternada.

a indicação do amperímetro não é mais de 1 Ampère, como na experiência anterior, mas bem menor, ou seja, cerca de 0,0026 A (2,6 miliampères). Isto significa que sua resistência real, de 100 Ω, passou a ter um valor aparente de cerca de 37 700 Ω. Essa resistência recebe o nome de **resistência aparente** ou **impedância**. No caso particular em que a resistência ôhmica seja tão pequena que possa ser desprezada frente ao valor da resistência aparente, a impedância recebe o nome de **reatância**. No caso do indutor, sua reatância recebe mais uma denominação, que é **reatância indutiva**.

Podemos, então, dizer que **reatância indutiva é a resistência que um indutor puro** (sem resistência ôhmica) **oferece à passagem da corrente alternada,** e que **impedância é a resistência que ele oferece, quando se leva em consideração também sua resistência ôhmica.**

Quem não possui amperímetro, para a verificação do efeito que apresentamos, pode fazer a experiência substituindo-o por uma uma lâmpada de incandescência. Para melhor observação, substitui-se o indutor por outro de menor indutância e que permita a introdução de um núcleo de ferro. Esse indutor pode ser construído enrolando-se cerca de 200 espiras de fio 22 AWG sobre um carretel de 2,5 cm de diâmetro e com cerca de 5 cm de comprimento.

Com esse indutor e com uma lâmpada de 110 V e 100 W, o aluno monta o circuito da **figura 26**. Em seguida, liga a tomada à rede alternada de 110 V e 60 Hz. Verificará que a lâmpada se acende com brilho quase normal, o que significa que a "resistência" oferecida pelo indutor é bastante pequena. Agora, introduzindo o núcleo de ferro no oco da bobina, observamos que a intensidade luminosa da lâmpada vai diminuindo à medida que o núcleo vai sendo introduzido. Como sabemos que a introdução do núcleo **aumenta** a indutância, podemos concluir que a impedância (ou reatância indutiva, no caso) depende diretamente da indutância.

Se fosse possível variar a freqüência, o aluno comprovaria que a reatância indutiva depende também da freqüência, isto é, da velocidade de variação da corrente, e essa reatância será tanto maior quanto mais rápida for essa variação. Intuitivamente, não seria difícil prever esse resultado. De fato, vimos que a força contra-eletromotriz gerada em um indutor, pela aplicação de uma corrente variável, é tanto maior quanto mais rápida a variação, ou seja, a freqüência. Ora. essa força eletromotriz é que se opõe à tensão aplicada, e a diferença das duas é que provoca a corrente no indutor. Conseqüentemente, para um mesmo indutor, quanto maior for a freqüência, menor será a corrente, ou seja, maior será sua reatância.

> Maior freqüência - maior reatância

3 - Fase entre tensão e corrente, no indutor

Vimos que, em um resistor, a tensão aplicada e a corrente resultante estão em **fase**. No indutor, isso não acontece; daí afirmarmos que a tensão aplicada ao indutor e a corrente que ela determina estão fora de fase, ou seja, o máximo da tensão **não coincide**, no tempo, com o máximo da corrente.

Vejamos qual é a **diferença de fase**. Para isso, consideremos um indutor puro, ou seja, que tenha resistência ôhmica praticamente nula. Liguemos esse indutor a uma fonte de tensão alternada.

Nestas condições, aparecerá uma força contra-eletromotriz de auto-indução, que se oporá à tensão aplicada. Observe o aluno que, se a força eletromotriz

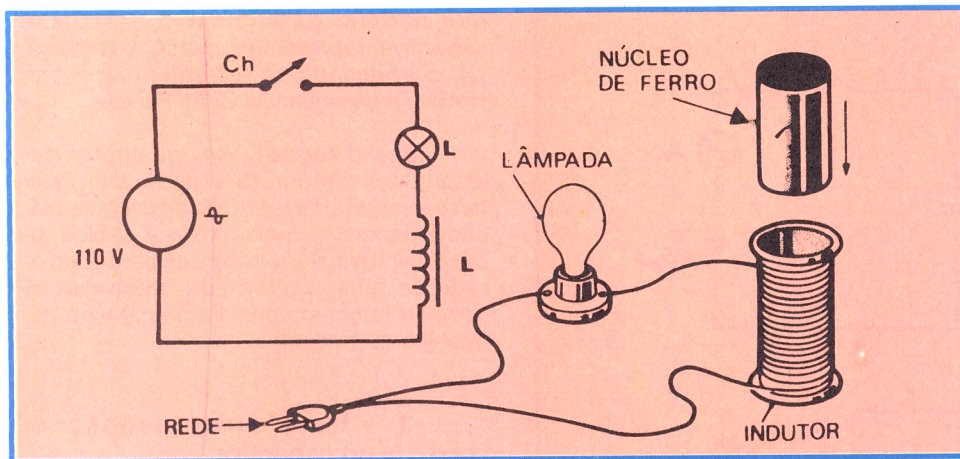



Figura 26 - Com a introdução do núcleo de ferro no indutor, o brilho da lâmpada diminui.

gerada fosse de mesmo sentido que a tensão aplicada, as duas se somariam e, como a resistência do indutor é praticamente nula, haveria o curto-circuito. Como isso não acontece e a corrente é pequena (dependendo do valor de **L** e de **f**), podemos concluir que a força eletromotriz gerada é de oposição à aplicada.

Além disso, a força contra-eletromotriz, como sabemos, não depende do valor instantâneo da corrente, mas **somente da rapidez da variação** da corrente. Ora, a variação da corrente será máxima quando a variação da tensão passar por zero; então, podemos afirmar que a força contra-eletromotriz atinge seu máximo quando a corrente se anula: logo, há uma **diferença de fase entre tensão e corrente** de 1/4 (um quarto) de ciclo, ou 90° (noventa graus).

Por outro lado, a tensão atinge o máximo quando a corrente está no zero; logo, ela, tensão, está **adiantada** em relação à corrente. Na **figura 27** desenhamos as duas formas de onda, ou seja, da tensão e da corrente, em um indutor puro.

Resumindo o comportamento de um indutor puro ligado a uma fonte de corrente alternada, temos o seguinte:

a) **A corrente e a tensão estão defasadas, estando a corrente atrasada de 90° (noventa graus) ou 1/4 (um quarto de ciclo) em relação à tensão.**

b) **A dificuldade que o indutor oferece à passagem da corrente alternada é chamada de reatância indutiva e é medida em Ohms.**

c) **A reatância indutiva depende da indutância do indutor e da freqüência da fonte de corrente alternada.**

Como vimos noutra lição, a reatância indutiva é geralmente designada por X_L (xis índice ele) sendo calculada pela expressão:

$$X_L = 6{,}28 \times F \times L$$

onde F representa a freqüência em Hertz, e L, a indutância em Henry.

III - O capacitor

1 - Ligado a um gerador de corrente contínua

Sabemos que se chama **capacitor** a um conjunto formado por duas placas metálicas denominadas **armaduras**, separadas por um meio isolante a que se dá o nome de **dielétrico**.

Quando ligado a uma fonte de corrente contínua, como um dínamo, uma bateria, uma pilha, etc., o capacitor comporta-se como um dispositivo de resistência infinita, ou seja, ele não permite a passagem da corrente elétrica. Entretanto, isso acontece somente após o circuito ser ligado, pois, no momento em que é fechada a chave que liga o capacitor, há passagem de corrente, como iremos demonstrar.

De fato, seja o circuito da **figura 28**, que contém um gerador de corrente contínua, uma chave interruptora e um capacitor em série com um medidor de corrente.

Admitamos que a fonte seja de 6 V (4 pilhas em série), que o capacitor seja de 1 000 µF x 12 V e que o instrumento esteja na escala de 100 mA, como mostra a **figura 29**.

Com a chave desligada e admitindo que o capacitor esteja completamente descarregado, o medidor de corrente não indica passagem. Liguemos, agora, a chave Ch, que fecha o circuito. O aluno notará que o ponteiro do instrumento sobe rapidamente, indicando que há passagem de corrente e, em seguida, volta lentamente para a posição inicial, mostrando que não há mais passagem de corrente. Se passássemos para o desenho o fenômeno que acontece quando ligamos a chave, teríamos o gráfico que mostramos na **figura 30**. O aluno observa que, no momento da ligação, a corrente passa instantaneamente para a máxima e, a partir daí, cai lentamente até zero, o que se dá quando o capacitor está carregado.

O medidor de corrente das figuras 28 e 29 poderá ser substituído por uma lâmpada de 6 V - 150 mA. Nesta situação, o aluno observará que, no instante preciso em que a chave fecha o circuito, a lâmpada se acende com o máximo brilho e depois se apaga, lentamente.

2 - Ligado a um gerador de corrente alternada

Coisa diferente da descrita há pouco acontece quando o capacitor é ligado a uma fonte de corrente alternada.

Realmente, se ligarmos uma lâmpada em série com um capacitor, em uma fonte de tensão alternada, iremos verificar que, após o fechamento da chave, a lâmpada permanece sempre acesa. Para comprovar isso, o aluno pode montar o circuito que mostramos na **figura 31**, onde a lâmpada é de 5 W - 110 V, o capacitor é de 5 µF e a tensão é a da rede de 110 V.

Esta experiência demonstra que o capacitor "dá passagem" a corrente alternada. Tal propriedade o aluno já conhece, pois ela foi explicada na lição sobre capacitores. Sabe também que não se trata de passagem de corrente, pois o

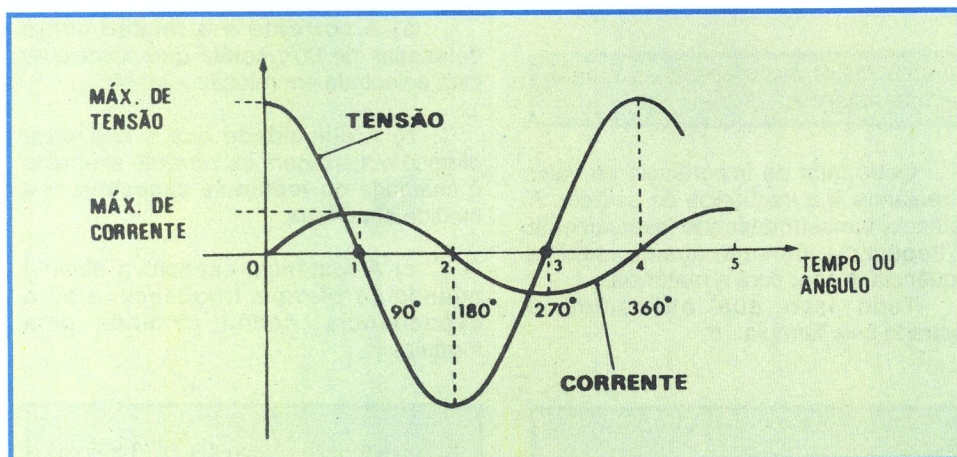



Figura 27 - Gráfico da tensão e corrente em um indutor puro.

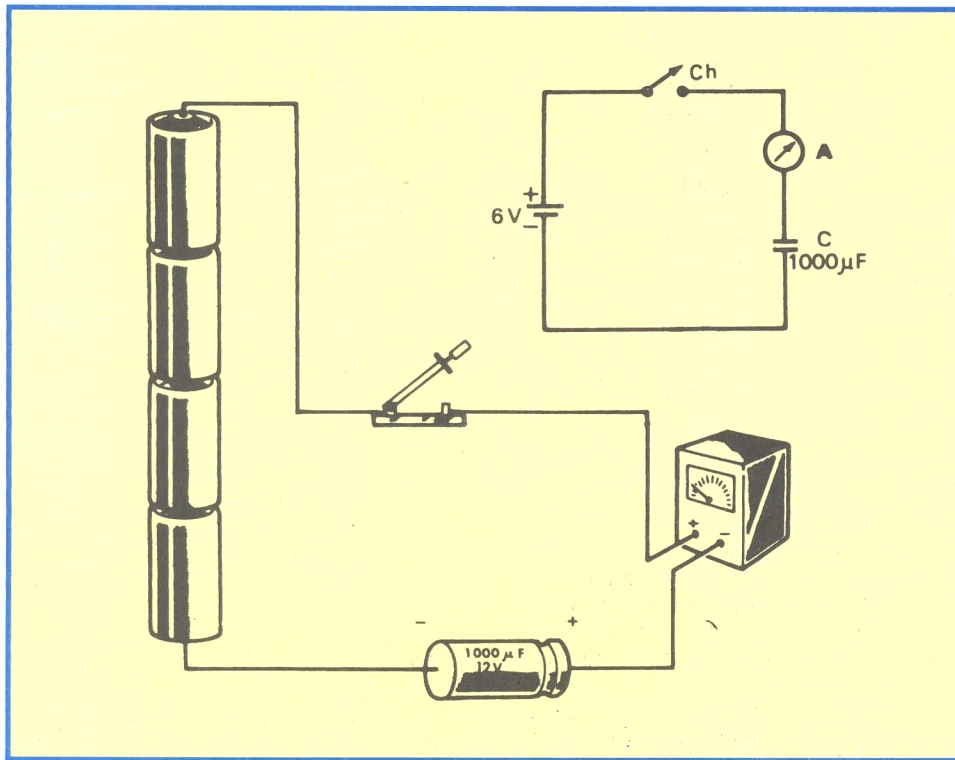



Figura 28 - O capacitor em corrente contínua.

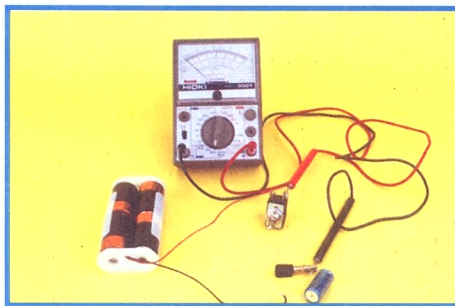



Figura 29 - Exemplo prático de um capacitor em CC.

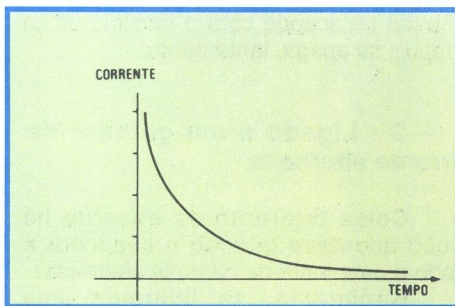



Figura 30 - Gráfico da corrente no circuito da figura 29.

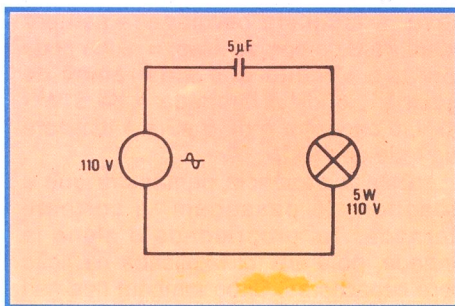



Figura 31 - O capacitor em corrente alternada.

capacitor não permite o fluxo de corrente, mas há uma alternação na carga e descarga nas armaduras do capacitor, e tudo se passa como se ele, efetivamente, permitisse o fluxo de elétrons.

A intuição nos conduz a concluir que, quanto maiores as dimensões do capacitor, ou seja, quanto mais alta sua capacitância, mais facilidade terá a corrente alternada em atravessá-lo.

Esse fato o aluno poderá observar se, no circuito da figura 31, usar capacitores diferentes. Por exemplo, com um capacitor de 1 μF, a lâmpada não acende; com capacitor de 2μF, a lâmpada acende muito fracamente; com capacitor de 100 μF, a lâmpada acende com todo o seu brilho. Resulta, então, que a resistência oferecida pelo capacitor à passagem da corrente alternada, resistência essa que se chama de **reatância capacitiva**, depende inversamente de sua capacitância, ou seja:

quanto maior a capacitância, menor será a reatância.

Outro fator de importância no valor da reatância é a freqüência do gerador. A reatância também depende inversamente da freqüência, ou seja, quanto maior a freqüência, menor será a reatância.

Tudo isso que afirmamos é mostrado pela fórmula:

$$X_c = \frac{1}{6,28 \times F \times C}$$

que permite determinar a reatância capacitiva, representada por X_c (xis índice C), conhecendo-se a freqüência F em **Hertz** e a capacitância C em **Farads.**

Observação: Se o aluno se dispuser a efetuar as experiências que descrevemos, deverá utilizar capacitores não polarizados, pois, como é sabido, o capacitor eletrolítico não pode ser ligado à rede de tensão alternada. Além disso, deve-se também considerar a tensão de trabalho dos mesmos.

3 - Fase entre tensão e corrente no capacitor

Em um capacitor submetido a tensão alternada, há uma defasagem de 1/4 (um quarto) de período ou 90° (noventa graus) entre a tensão e a corrente, sendo que a corrente está adiantada em relação a tensão. Isto significa que a tensão vai atingir sua amplitude máxima somente 1/4 de período depois que a corrente passou pela sua amplitude máxima. Na **figura 32**, mostramos o gráfico de tensão e da corrente em um circuito que possua exclusivamente capacitância.

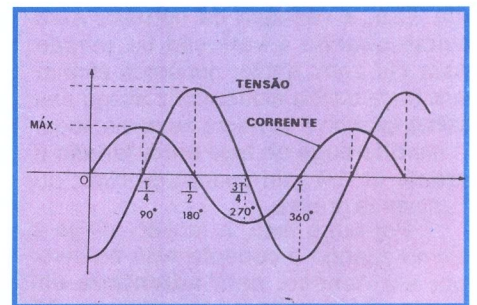



Figura 32 - Gráfico da tensão e corrente em um circuito exclusivamente capacitivo.

4 - Resumo do comportamento do capacitor no circuito de corrente alternada

a) A corrente e a tensão estão defasadas de 90°, sendo que a corrente está adiantada em relação a tensão.

b) A dificuldade que o capacitor oferece à passagem da corrente alternada é chamada de **reatância capacitiva** e é medida em **Ohms**.

c) A reatância capacitiva diminui quando se eleva a freqüência e/ou a capacitância, sendo avaliada pela fórmula:

$$X_c = \frac{1}{6,28 \times F \times C} \text{ ou } 1 \div 6,28 \times F \times C$$

onde **F** é a freqüência em **Hertz** e **C** a capacitância em **Farads.**

IV - Algumas aplicações dos indutores e dos capacitores

Já tivemos oportunidade de ressaltar que os capacitores, os indutores e os resistores são os três elementos passivos que, interligados convenientemente e alimentados por elementos ativos, tais como geradores de corrente variável e transistores, constituem o fundamento de todos os circuitos de eletrônica, principalmente os de rádio e de TV. Basta isso para justificar o estudo separado que fizemos desses três componentes; mas, para que o aluno vá sentindo desde já a importância desses componentes, vamos dar, em seguida, alguns exemplos simples e de aplicação individual de cada um deles.

1º exemplo - Emprego do resistor

Temos uma lâmpada com as seguintes características: tensão = 50 V e corrente = 0,15 A. Devemos ligar essa lâmpada a tensão de 110 V sem usar transformador.

A solução, neste caso, é usar um resistor para abaixar a tensão de 110 V para 50 V; ou seja, um resistor que produza uma queda de tensão de 60 V. Montaríamos, pois, o circuito da **figura 33**. Se quisermos determinar o valor desse resistor, bastará dividir a queda de

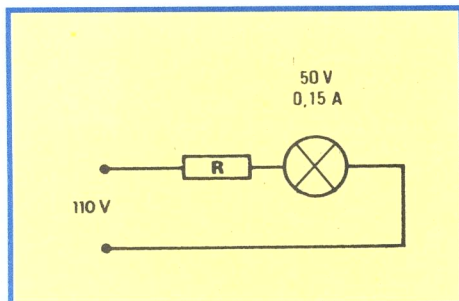



Figura 33 - Exemplo de aplicação do resistor.

tensão (60 V) pela corrente que deve passar por ele, que é a mesma da lâmpada, ou seja, 0,15 A. Daria:

$$60 \div 0{,}15 = 400\ \Omega$$

A potência que o resistor transforma em calor é de:

$$60 \times 0{,}15 = 9\ \text{W}$$

logo, usaríamos um resistor de 20 W.

2º exemplo - Emprego do indutor

Vamos supor, que devamos alimentar o circuito de um transistor com corrente contínua. Porém, no circuito do transistor existe uma tensão alternada de alta freqüência que não pode ser curto-circuitada através da fonte de corrente contínua.

Neste caso, ligamos o coletor do transistor à fonte, através de um indutor, como mostramos na **figura 34**. Assim, o indutor oferece pouca resistência à

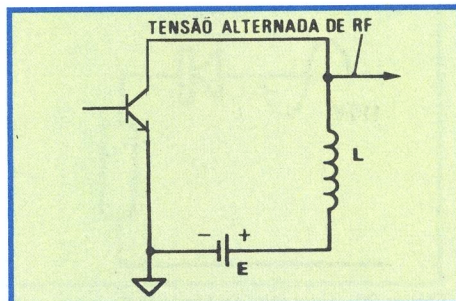



Figura 34 - Exemplo de aplicação do indutor.

corrente contínua e, portanto, o coletor do transistor é corretamente alimentado. Por outro lado, esse indutor oferece elevada resistência à passagem de corrente alternada, evitando que esta corrente passe para a fonte de corrente contínua que, possuindo baixa resistência, eliminaria essa corrente alternada. Essa situação é muito comum em eletrônica. O cálculo do valor do indutor também é bastante simples, pois normalmente conhecemos as características do transistor, o valor da tensão da fonte de corrente contínua, etc. Desta maneira, calcula-se a resistência ôhmica que o indutor deve possuir em corrente contínua. Isto posto, elegemos um valor bem mais alto para a resistência do indutor em corrente alternada (reatância) e determinamos a indutância. Por exemplo, vamos supor que a resistência do indutor em corrente contínua seja de 10Ω e queremos que ela atinja a de 1000 Ω (100 vezes maior), em corrente alternada, para uma onda de 1 000 KHz. Temos, pois:

$$X_L = 1000\ \Omega = 6{,}28 \times F \times L =$$
$$X_L = 6{,}28 \times 1000\ 000\ \text{Hz} \times L$$

ou:

$$\frac{1000}{6{,}28} \times \frac{1}{1000\ 000} = L$$

resultando:

$$L = 160\ \mu\text{H, aproximadamente}$$

Observação: O aluno não precisa preocupar-se com o cálculo efetuado, pois tem ele exclusivamente a finalidade de ilustrar a maneira de se chegar ao valor do indutor.

3º exemplo - Aplicação do capacitor

Vamos voltar ao exemplo anterior. Admitamos agora que o sinal alternado de RF (radiofreqüência), que evitamos se perdesse, usando o indutor, deve ser aplicado à base do transistor. Sabemos que à base de um transistor não se pode aplicar tensão elevada. Então, devemos ligar o sinal de RF do coletor do transistor à base do seguinte, através de um componente que bloqueia a corrente contínua e não a alternada. Esse componente é, como sabemos, o capacitor. Assim, teríamos o circuito da **figura 35**.

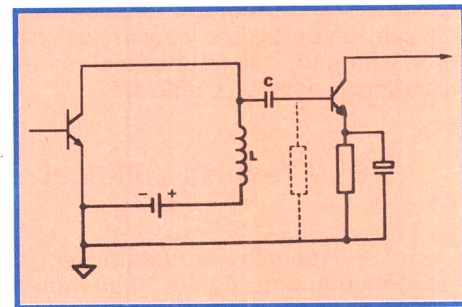



Figura 35 - Exemplo de aplicação do capacitor.

O cálculo do capacitor também é simples. De fato, a única restrição que devemos impor é que a reatância do capacitor seja bem baixa e bem menor que a do indutor. Como a do indutor é de 1 000 Ω, vamos impor para a do capacitor 10 Ω, ou seja, 100 vezes menor. Pela fórmula:

$$X_C = \frac{1}{6{,}28 \times F \times C}$$

ou

$$C = \frac{1}{6{,}28 \times F \times X_C}$$

Como F = 1 000 000 Hz e X_C = 10 Ω, resulta:

$$C = \frac{1}{6{,}28 \times 1\ 000\ 000 \times 10}$$

$$C = \frac{1}{62{,}8} \times \frac{1}{1\ 000\ 000}$$

$$C = 0{,}016\ \mu\text{F}$$

Observação: Como no exemplo anterior, o aluno não deve preocupar-se com o cálculo, pois ele apenas complementa a nossa intenção, que é a de mostrar uma das aplicações do capacitor, em eletrônica.

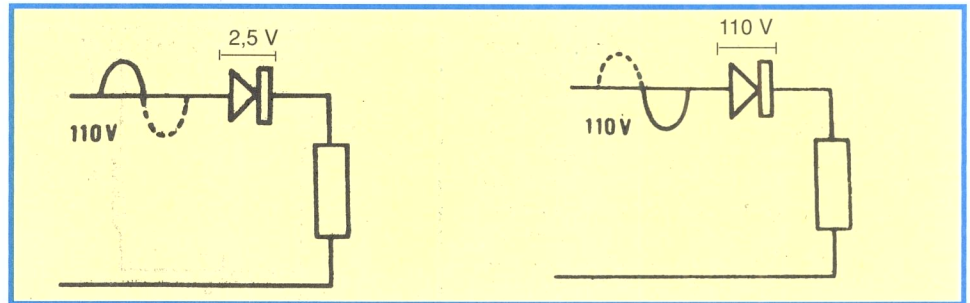
Com o decorrer do curso, iremos apresentando mais aplicações dos componentes mostrados nesta lição.

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO - TV

7ª LIÇÃO ESPECIAL

TECNOLOGIA DOS TRANSISTORES (2ª PARTE), A BANCADA DE TRABALHO E GRÁFICOS (1ª PARTE)

5ª) - Construção planar

Neste processo de construção, a superfície da fatia do cristal é oxidada antes de serem formadas as junções. Agora, para a formação das junções pelo processo de difusão, são feitas aberturas na camada de óxido e introduzidas nelas, por difusão, as substâncias que constituirão a base e o emissor.

6ª) - Técnica epitaxial

A técnica epitaxial é um aperfeiçoamento com a finalidade de reduzir a resistividade do cristal que forma o coletor para, com isso, reduzir a queda de tensão na saturação. Mas, para que se obtenha bom desempenho como transistor, o cristal deve ter resistividade alta. Para conciliar essas duas propriedades desejáveis, mas antagônicas, faz-se o seguinte: toma-se um cristal de baixa resistividade, sobre ele formando-se uma camada de resistividade alta. Agora, sobre essa camada de alta resistividade, formam-se as junções, por processo mesa ou planar.

Observações:

1ª) Nesta lição especial, demos somente uma idéia geral de alguns processos de fabricação de transistores. Na realidade, a fabricação de transistores é bastante complexa e requer técnicas avançadas na purificação do cristal, soldagem dos terminais, encapsulamento, etc., principalmente em se tratando de componentes tão pequenos, como são os transistores. Basta o aluno imaginar que um transistor típico, sem a cápsula, não tem mais que 2 milímetros de lado.

2ª) Como o aluno deve ter observado pelos títulos, as denominações mesa e planar referem-se a tipos de construção do transistor e não à técnica de fabricação. Assim, é comum encontrar-se transistores planar de liga, planar epitaxial, etc.

3ª) Em nossas explicações, partimos sempre de um cristal de germânio. Com isso, forma-se um transistor de germânio. Se se partisse do cristal de silício, formar-se-ia transistor de silício. Atualmente, os transistores de silício estão tendo grande desenvolvimento, em razão de suas qualidades sensivelmente superiores às dos de germânio, em grande número de aplicações, principalmente porque o transistor de silício é menos sensível a alta temperatura. De fato, uma junção PN de germânio suporta uma temperatura máxima de 100°C, ao passo que a mesma junção de silício pode suportar 200°C. Além disso, a resistência intrínseca do silício é bem mais elevada que a do germânio, o que possibilita ao silício suportar tensão inversa bem mais elevada. Adiantamos que se chama de tensão inversa aquela aplicada no sentido inverso do da condução. Por exemplo, suponhamos que, no retificador ilustrado na **figura 20**, seja aplicada tensão eficaz de 110 V. Evidentemente, quando o semiciclo positivo da tensão é aplicado no sentido da condução, o retificador oferece resistência baixa, digamos 5 Ω, o que produz, no retificador, uma queda de tensão baixa. Suponhamos que a corrente seja de 0,5 A. Então, a queda de tensão é de 0,5 x 5 = 2,5 V.

Figura 20 - Exemplo: Retificador de meia onda.

Mas, quando é o semiciclo negativo que ataca o retificador, ele (o retificador) opõe resistência elevada, digamos 200.000 Ω. Ora, nesse caso a corrente pelo retificador é praticamente desprezível, e o componente fica submetido a toda a tensão, ou seja, 110 V, no caso. Essa tensão é a **tensão inversa.**

Evidentemente, para que o retificador ou o transistor possa funcionar em grandes excursões de tensão, deve suportar tensão inversa também grande.

4ª) As capacitâncias internas, ou seja, intereletródicas do transistor, assim como acontece com as válvulas, são um fator importante quando se trata de amplificar sinais de alta freqüência. No transistor, a capacitância mais importante é aquela entre o coletor e a base. Nas válvulas, foi introduzida uma grade, que, como já estudamos, recebeu o nome de grade de blindagem, com a finalidade de reduzir a capacitância entre placa e grade de controle. Nos transistores procurou-se uma solução semelhante. Assim, nos transistores para alta freqüência, como o BF167, BF197, etc., introduziu-se uma **blindagem integrada**, que é uma camada metálica adicional, difundida na região do coletor e ligada ao emissor. Na **figura 21a**, simbolizamos o transistor e sua capacitância entre coletor e base e, na **21b**, o transistor com a blindagem integrada.

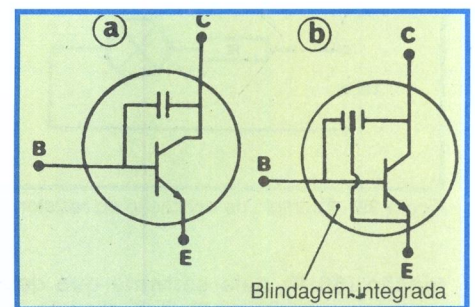



Figura 21 - Simbologia: Capacitância entre coletor e base e a blindagem integrada de um transistor.

A BANCADA DE TRABALHO

Introdução

Na realização efetiva dos trabalhos

práticos, seja na montagem ou na reparação de aparelhos eletrônicos, o primeiro elemento que se deve considerar para a obtenção de bons resultados é a organização racional do trabalho. Grande parte dos técnicos em eletrônica não dá muita atenção ao planejamento de uma bancada e à escolha judiciosa do local de trabalho, resultando daí trabalho mal organizado, perda de tempo e cansaço físico desnecessário, como mostrado na **figura 1**.

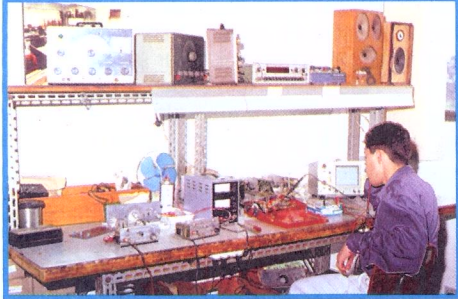



Figura 1 - Bancada não organizada: perda de tempo e cansaço físico e mental.

Com esta lição especial, visamos orientar o aluno na construção de uma bancada de trabalho individual, mas que pode ser tomada **como modelo** para a instalação de local de trabalho em pequenas oficinas.

1 - Requisitos de uma bancada

Uma bancada de trabalho bem concebida deve preencher os seguintes requisitos: eficiência, confortabilidade, iluminação e ventilação.

a) **Eficiência**: Para que uma bancada seja eficiente, isto é, permita que o usuário tenha à mão, com facilidade, o material e as ferramentas de que ele necessita para a execução do trabalho, ela deve ter dimensões adequadas e compartimentos para peças, ferramentas, livros, etc., de fácil acesso.

b) **Conforto**: A bancada deve ser projetada de tal maneira que permita que nela se trabalhe com conforto, isto é, sem grandes esforços musculares ou em posições desajeitadas.

c) **Iluminação**: Muita atenção deve ser dispensada a iluminação da bancada, para evitar o esforço visual exagerado e, também, o ofuscamento. Sempre que possível, deve se aproveitar a iluminação natural.

d) **Ventilação**: O local de trabalho deve ser arejado. Devem se evitar as correntes de ar e também os locais abafados e úmidos.

2 - Local de trabalho

Como afirmamos, a bancada deve ser instalada em local que possua boa ventilação e iluminação (**figura 2**). Quando possível, deve-se utilizar todo o quarto ou a sala exclusivamente para os trabalhos práticos. Em caso de montagem de uma pequena oficina, grande parte da área disponível deve ser reservada ao local de trabalho, que se chamará, então, **laboratório**. A bancada deverá ser

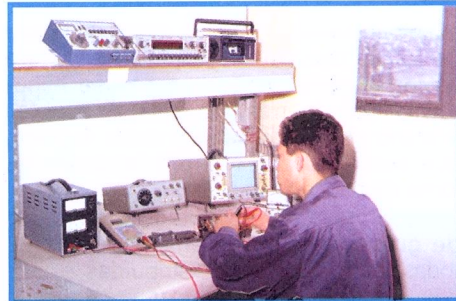



Figura 2 - Bancada organizada: boa iluminação e ventilação são itens importantes para o trabalho do técnico.

localizada de modo a preencher os requisitos c e d. De preferência, deve-se instalá-la próximo a uma janela ou "vitraux" de modo que a luz natural (sol) chegue até a bancada.

As paredes e o teto devem ser pintados com tinta opaca, de cor clara.

Se o local onde for instalada a bancada não possuir boa ventilação natural, será aconselhável instalar um ventilador elétrico, se possível dotado de resistência de aquecimento, para que se trabalhe, no inverno, em condições de conforto.

3 - Construção da bancada

Uma vez escolhido o local de trabalho, deve-se fazer o projeto da bancada, ou seja, um desenho em que se especifiquem as dimensões e os compartimentos desejados. Essas dimensões, naturalmente, dependerão do espaço disponível. Após ter feito o desenho, o aluno deverá construí-la ou, se preferir, encomendá-la a um marceneiro.

A bancada que descreveremos tem por finalidade **servir de orientação** para o aluno, podendo sofrer modificações que se adaptem não só às suas necessidades pessoais como também ao espaço disponível. Trata-se de um tipo individual. Caso o aluno deseje adaptá-la a uma oficina, poderá construir várias individuais, iguais, ou uma só, com as dimensões adequadas ao número de técnicos que nela irão trabalhar.

Essencialmente, a bancada deve possuir as seguintes partes:

a) prancheta de trabalho
b) suporte para ferramentas
c) compartimento para instrumentos
d) depósito de peças
e) estante para manuais e livros
f) banqueta

Na **figura 3**, mostramos essas partes e, também, as dimensões que julgamos convenientes.

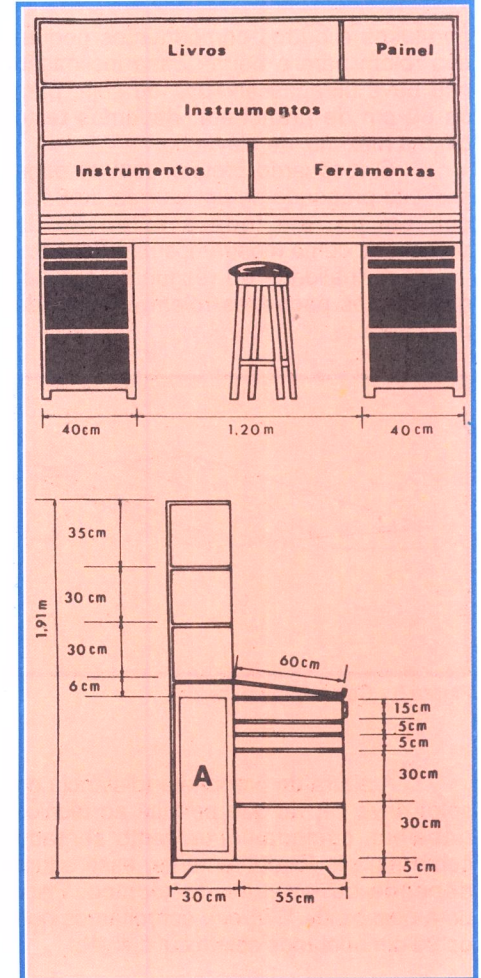



Figura 3 - Modelo básico de uma bancada.

a) Prancheta de trabalho

Trata-se de um retângulo de madeira, construído com tábuas de peroba ou de pinho de 1" (2,5 cm) de espessura. Como a dimensão proposta é de 60 cm x 150 cm, o aluno pode usar duas tábuas de 30 cm de largura, aparelhadas, justapostas e reforçadas por quatro **travessas**, como mostramos na **figura 4**. A face lisa da prancheta ficará voltada para cima (face externa) e aquela das travessas, para a parte de baixo (face interna). Caso o aluno consiga encontrar compensado de pinho de 1" deverá dar preferência a esse material, porque poderá ser cortado nas dimensões indicadas, sem necessidade de travessas.

Aconselhamos a dar à prancheta uma ligeira inclinação, para que porcas,

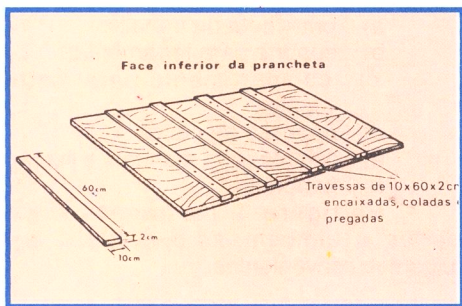



Figura 4 - Confecção da prancheta.

parafusos e outros componentes pequenos rolem para o beiral. Essa inclinação não deve ultrapassar 10%, ou seja, para os 60 cm de prancheta, devemos ter 6 cm, no máximo, de elevação.

O resguardo protetor (beiral) pode ser feito pregando-se um sarrafo de 3 x 1 cm, em pé, em toda a extensão da prancheta, como mostramos na **figura 5**.

A finalidade do resguardo é evitar que objetos pequenos rolem e caiam da prancheta.

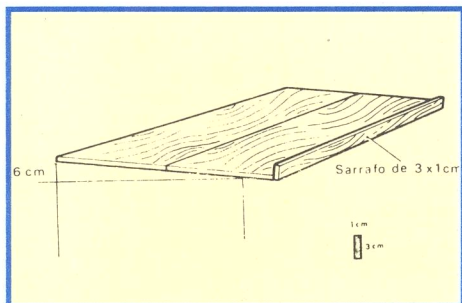



Figura 5 - Colocação do "beiral".

A altura da prancheta (distância do solo) deve ser tal que permita ao técnico trabalhar, comodamente, tanto sentado como em pé. Evidentemente, essa altura depende da estatura do técnico. Para uma pessoa de 1,70 cm, acreditamos que os 90 cm adotados sejam suficientes.

b) Suporte para ferramentas

As ferramentas serão presas a uma tábua de compensado de cerca de 1 cm de espessura. Para sua fixação, recomendamos utilizar tiras de couro, plástico ou outro material flexível, porém resistente; é possível também usar pregos ou tachas. Se for usada tira de couro ou plástico, o aluno deverá fazer como sugerimos na **figura 6**, ou seja: antes de fixar o painel de ferramentas em seu lugar, na bancada, distribua nele todas as ferramentas que pretende acomodar. Em seguida, pregue a tira, de modo que a ferramenta fique segura e em posição tal que ela possa ser retirada facilmente, quando deslocada para cima. É aconselhável que, nesse suporte, sejam presas somente as ferramentas de uso

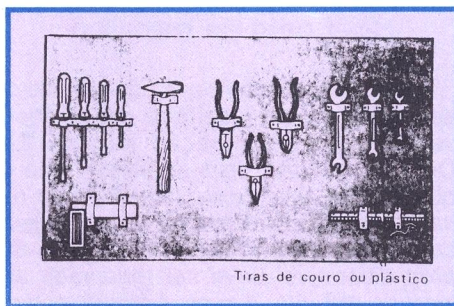



Figura 6 - Suporte para ferramentas.

mais constante, tais como jogos de chave de fenda, chaves fixa, alicates, etc. Para as ferramentas maiores e de uso esporádico, como serras, martelos, limas, etc., o aluno deve providenciar outro suporte, que será colocado nas proximidades do torno de bancada (morsa).

Para evitar confusão no momento de guardar as ferramentas, depois de todas elas terem sido distribuídas e fixadas, desenha-se na tábua o contorno de cada uma e em seguida, pinta-se o referido contorno com tinta de cor diferente daquela utilizada na pintura da bancada. Desta maneira, cada ferramenta terá o seu lugar, que pode ser facilmente identificado.

O suporte de ferramentas deve ser colocado na parte direita da bancada, já que essa é a posição mais cômoda, em razão de trabalharmos com a mão direita. É claro que, se o aluno for canhoto, poderá inverter a posição do suporte, desde que isso lhe facilite apanhar as ferramentas.

c) Compartimento para instrumentos

Boa parte do espaço disponível na bancada será reservado para alojamento dos instrumentos de laboratório, tais como geradores de sinal, osciloscópio, gerado-

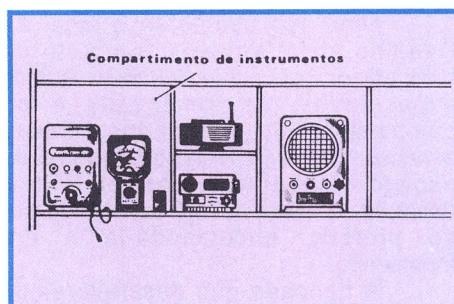



Figura 7 - Compartimento para instrumentos.

res, etc. É claro que esse espaço dependerá das dimensões e da quantidade dos aparelhos. Aconselhamos o aluno a fazer a prateleira de instrumentos com altura igual a do mais alto dos instrumentos. Em seguida, disponha-os lado a lado. Se, nessa altura, couberem dois ou mais de outros instrumentos, será conveniente fazer prateleiras intermediárias, como sugerimos na **figura 7**.

d) Depósito de peças

Quando se efetua um conserto ou montagem, os componentes devem estar sempre ao alcance da mão, para evitar cansaço físico e perda de tempo desnecessária. Por essa razão, dotamos a bancada de uma série de gavetas, dispostas em duas filas laterais. O espaço central, entre as gavetas, deve ficar livre, para que se possa trabalhar sentado.

Recomendamos que as gavetas de baixo sejam de maior altura, a fim de acomodarem as peças de maior volume e as mais pesadas.

A largura das gavetas deve ser de aproximadamente 35 cm, para que fique espaço central livre suficiente para o movimento das pernas. A altura das gavetas depende do material que nelas se pretende armazenar. Aconselhamos a

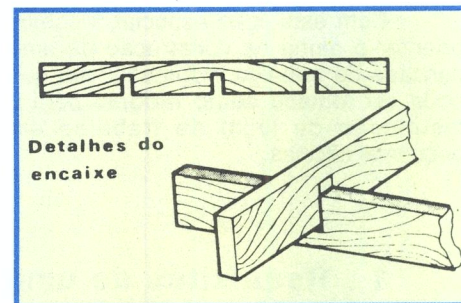



Figura 8 - Encaixe das peças para confecção da primeira gaveta.

fazer a primeira gaveta com altura reduzida, mais ou menos de 5 cm, dividida internamente em vários compartimentos, para a guarda de peças miúdas, como resistores, capacitores, transistores, placas, parafusos, etc. A divisão interna pode ser feita com uma grade de sarrafos de 5 x 1, encaixados como mostramos na **figura 8**.

O fundo da gaveta pode ser de compensado de 8 mm.

Existem várias possibilidades de deslizamento das gavetas, mas a maior parte exige ferramentas especiais para o corte dos encaixes, ou a aquisição de corredeiras metálicas, que não são encontráveis em qualquer cidade. Por isso, caso o aluno pretenda construir sua bancada , sugerimos o método mais fácil, que é o de pregar ripas nas laterais internas dos gaveteiros e outras nas laterais externas das gavetas, como mostramos na **figura 9**. A ripa da gaveta se apoiará na ripa do gaveteiro e permitirá o deslizamento.

A tampa da frente da gaveta deve ter dimensões maiores do que a do fundo, para que esconda o espaço lateral vazio, correspondente à espessura das ripas. Essa tampa pode ter a mesma largura

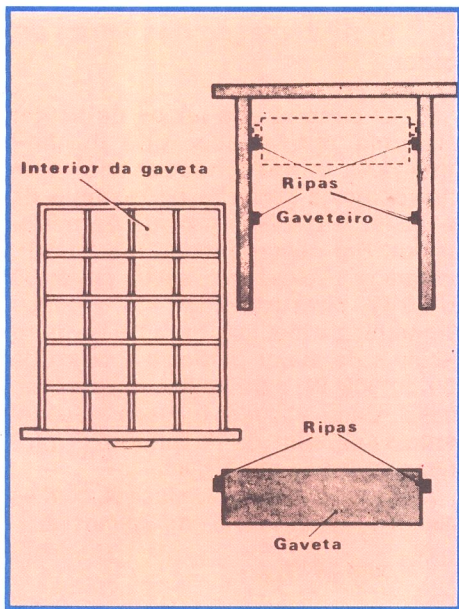



Figura 9 - Vista interna da gaveta e a maneira de posicionar os suportes para seu deslizamento.

que a existente entre as faces externas dos gaveteiros. A altura, naturalmente, dependerá do valor escolhido. Na **figura 10**, ilustramos a gaveta terminada.

Às gavetas devem-se pregar puxadores, que podem ser adquiridos em qualquer casa de ferragens ou construídos pelo aluno. É aconselhável pregar, em cada gaveta um suporte para

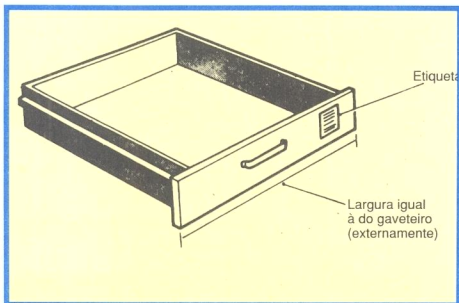



Figura 10 - Gaveta pronta (sem as divisões internas).

etiquetas de identificação, o que facilitará a localização da peça procurada, sem que seja necessário abrir várias gavetas. Esses suportes são vendidos em lojas de ferragens. Caso o aluno prefira, também pode fixar a etiqueta de identificação, utilizando fita colante ou mesmo percevejo.

e) Estante para manuais e livros

O aluno deve reservar parte da bancada para o alojamento de literatura técnica como manuais de transistor, manuais de circuito, livros técnicos, etc. Em nossa bancada, fizemos uma prateleira para esse fim. A altura dessa prateleira dependerá, é claro, daquela do mais alto manual ou livro que o aluno possuir, se pretender colocá-lo de pé. Sugerimos 35 cm.

f) Banco

O banco constitui-se de um assento e de quatro pernas reforçadas por travessas. A altura depende muito de quem vai usá-lo. O importante é que nele se possa trabalhar sentado, sem exigir posições incômodas. Seria aconselhável que ele possuísse também encosto. Neste caso, o aluno pode aproveitar uma cadeira e aumentar suas pernas, até o comprimento desejado.

4 - Iluminação

Conforme afirmamos linhas atrás, deve-se aproveitar, sempre que possível, a iluminação natural. Além disso, tanto o local de trabalho como a bancada devem possuir iluminação artificial, elétrica, para que se possam realizar trabalhos à noite ou em dias de pouca claridade. Essa iluminação deve situar-se em dois pontos: no teto e na bancada.

a) Iluminação no teto

Deve-se usar lâmpada de potência média, dependendo, é claro, das dimensões do aposento, protegida por globo leitoso. Essa iluminação é necessária, quando se usa também a da bancada, em dias escuros ou à noite, para evitar esforço de adaptação da vista, o que acontece quando se muda o olhar de uma superfície iluminada para outra escura.

O aposento deve ter o teto pintado com cor clara.

b) Iluminação da bancada

As lâmpadas de iluminação da bancada devem ser dispostas de maneira que não possam ser vistas por quem trabalhe na bancada e que projetem sua luz unicamente sobre a prancheta.

Para haver iluminação uniforme em toda a prancheta de trabalho, não se deve usar uma lâmpada de grande potência, mas várias de potência média, espaçadas convenientemente.

Para conseguir boa iluminação em nossa bancada, colocamos 4 lâmpadas de 40 W cada uma, com espaçamento de 50 cm. Evidentemente, se a bancada que o aluno construir for maior do que a apresentada, deverá acrescentar mais lâmpadas, observando o espaçamento de

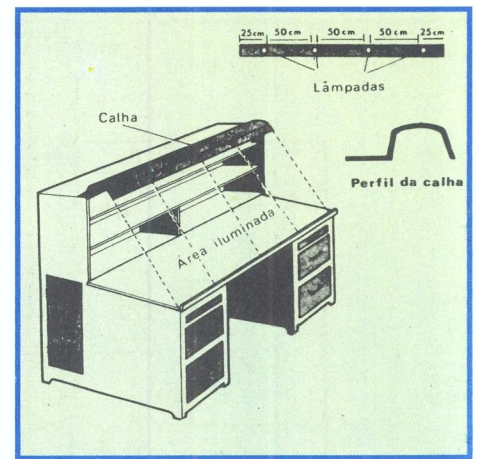



Figura 11 - Colocação de um simples refletor de luz.

cerca de 50 cm entre elas. A fim de projetar a luz somente sobre a prancheta, usamos uma calha esmaltada de branco, como mostramos na **figura 11**. Como é fácil encontrar a calha no mercado o aluno poderá adquirir, em loja de artigo para encanadores, calha para telhado e adaptá-la à bancada, após a pintura de branco. Devemos acrescentar que existem diversos perfis sendo que o retangular e o circular são os mais convenientes.

Os soquetes das lâmpadas serão parafusados na calha, e a aba da calha será pregada na bancada.

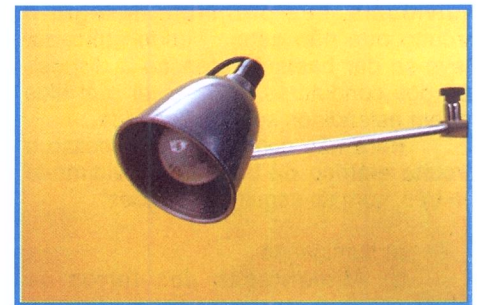



Figura 12 - Luminária.

Além da iluminação fixa, é desejável prover a bancada de uma lâmpada móvel, dessas que empregam um suporte flexível, para poder dirigir um feixe de luz forte, quando houver necessidade.

Para não atravancar a bancada, deve-se dar preferência ao abajur flexível do tipo de mesa, como mostramos na **figura 12**, que será guardado noutro local, quando não estiver sendo utilizado.

Observação: As lâmpadas aconselhadas, tanto para a bancada como para o teto, são do tipo incandescente, que têm a desvantagem de aquecer o ambiente e também de ter menor eficiência luminosa do que a fluorescente. Contudo, esta última é desaconselhável, em razão da forte interferência que provoca nos receptores de rádio que estão em suas proximidades.

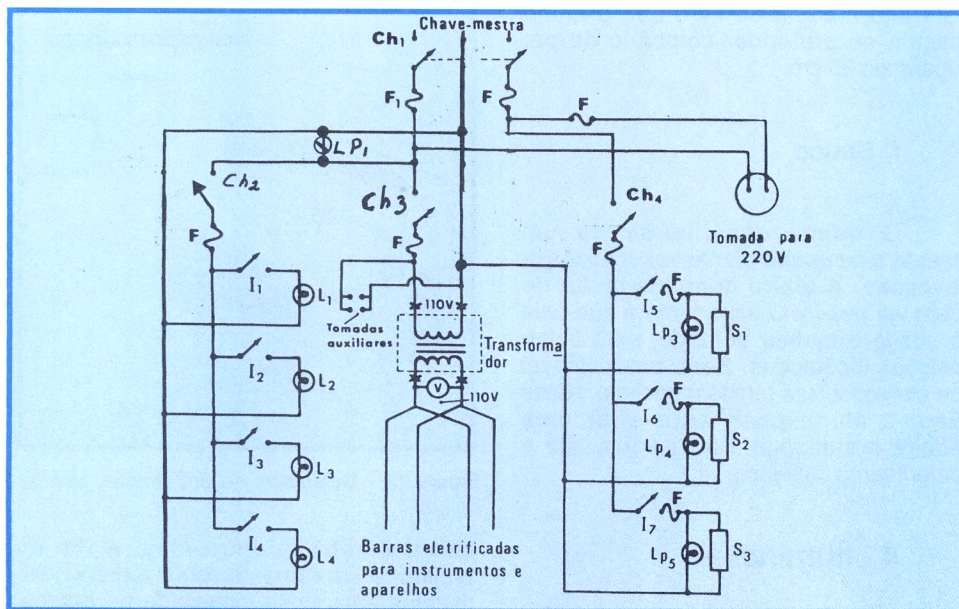



Figura 13 - Sistema elétrico da bancada.

5 - Sistema elétrico da bancada

O sistema elétrico deve ser projetado de maneira que possa ser facilmente utilizado. Além disso, deve ser protegido por fusíveis e possuir chaves individuais, que permitam desligar o circuito que não esteja sendo utilizado. Deve-se dar bastante atenção à disposição dos condutores, para evitar que eles fiquem estendidos sobre a bancada.

Para não complicar em excesso o circuito elétrico da bancada, dividimo-lo em três, com as seguintes funções:

a) Iluminação
b) Alimentação dos ferros de soldar
c) Alimentação de tomadas e instrumentos

Cada um desses circuitos possui uma chave-faca com fusíveis de proteção. Além disso, é usada uma chave mestra (chave geral), que desliga toda a corrente da bancada. Na **figura 13**, apresentamos o circuito elétrico da bancada proposta.

O circuito elétrico proposto é para redes de distribuição trifilar (110/220). Caso a rede seja de dois fios, basta usar chave geral de 2 pólos e ligar todos os circuitos a eles. Neste caso, a tomada que indicamos para 220 V será eliminada.

Vamos descrever, resumidamente, os requisitos de cada circuito.

a) Iluminação

O circuito de iluminação consta de uma chave com porta-fusível, 4 interruptores simples e 4 lâmpadas de 40 W cada. Poderia ser usado um só interruptor para todas as lâmpadas, ou um para as duas das extremidades da bancada e outro para as lâmpadas centrais. Todavia, preferimos empregar um para cada lâmpada, o que dá maior flexibilidade de uso, permitindo ao operador escolher a iluminação que não provoque sombras.

A escolha dos fusíveis é muito importante, já que eles devem ser o elemento de proteção do circuito. Como regra geral, deve-se calcular a corrente de consumo de cada circuito e utilizar fusíveis que se abram para corrente de 2 a 3 vezes o valor calculado. Assim se tem uma boa margem de segurança.

Para as lâmpadas de iluminação, teremos:

4 lâmpadas de 40 W = 160 W

tensão: 110 V

$$\text{corrente: } I = \frac{160}{110} = 1{,}45 \text{ A}$$

Usaremos fusível de 5 A-110 V, que é o valor mais baixo que se encontra no mercado.

Nota: Em todos os cálculos para a bancada desta lição especial, estamos admitindo que a tensão de trabalho seja de 110 V. Caso não seja esse o valor de tensão da rede do aluno, é necessário refazer os cálculos da corrente.

Os interruptores serão do tipo de embutir e devem ser alojados no painel, que descreveremos logo mais. Os soquetes devem ser de porcelana e presos à calha.

b) Alimentação dos ferros de soldar

O circuito dos ferros de soldar tem uma chave-faca, que permite desligá-lo quando necessário, sem interromper a corrente do restante da bancada. A chave é provida de porta-fusível. Em nosso circuito (figura 13), indicamos 3 soldadores, sendo um de 30 ou 40 W, para trabalhos em circuitos transistorizados, um de 110 W, para circuitos de maior potência e outro de 200 ou 300 W, para soldas maiores em chassi. Cada soldador é ligado independentemente, através do interruptor próprio, e protegido por fusível.

A corrente em cada fusível, com os valores de potência que propusemos, é:

para 40 W:

$$I = \frac{40}{110} = 0{,}36 \text{ A}$$

para 100 W:

$$I = \frac{100}{110} = 0{,}9 \text{A}$$

para 300 W:

$$I = \frac{300}{110} = 2{,}72 \text{A}$$

Assim para o primeiro soldador, deve-se usar fusível de 1 A; para o segundo, 3 A; e para o terceiro, 10 A.

Na chave geral do circuito do ferro de soldar, usa-se fusível de 1 + 3 + 10 = 14 A, ou 15 A, que é o valor comercial mais próximo.

Em paralelo com a ligação de cada soldador, é conveniente instalar uma lâmpada-piloto de pequena potência, que serve para indicar visualmente quando o soldador está ligado. O aluno deve usar lâmpada néon de 1 W ou, caso não encontre esse tipo, use lâmpada incandescente de 5 W. Note que, teoricamente, a corrente dessas lâmpadas também deve ser considerada na determinação dos fusíveis, mas seu valor é tão pequeno (0,04 A) que, na prática, resolvemos ignorá-lo.

Tanto as lâmpadas-piloto como os interruptores e fusíveis dos soldadores serão instalados no painel geral. As tomadas para os soldadores serão instaladas na tábua da bancada, que se situa logo abaixo da prancheta. Devem ser instaladas à direita do operador.

c) Alimentação de tomadas para aparelhos

Para esse circuito, também

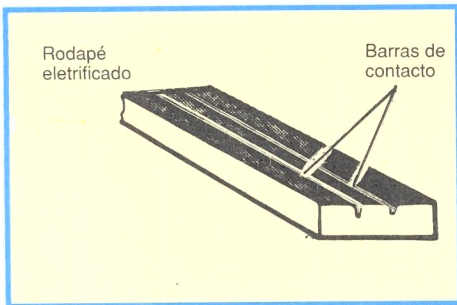



Figura 14 - Barra eletrificada.

providenciamos uma chave com porta-fusível. Consideraremos como carga máxima admissível 1 000 W, o que exige fusível de 20 A.

Como é desconhecido o número de aparelhos e de instrumentos que se vai ligar, resolvemos usar como tomada a barra eletrificada, que se encontra no comércio com o nome de rodapé eletrificado. Trata-se de uma estrutura de plástico que suporta duas tiras condutoras, onde se encaixam os plugues. Na **figura 14**, mostramos o aspecto desse rodapé. Deve ser comprado por metro linear.

Para a ligação dos instrumentos a barra eletrificada deve ser instalada na parte de trás da prateleira respectiva, sendo parafusada na tampa de fundo da bancada.

Para a ligação dos aparelhos em que se está trabalhando, deve-se instalar a barra eletrificada na tábua da bancada, que se situa abaixo da prancheta. Na **figura 15**, mostramos essa posição.

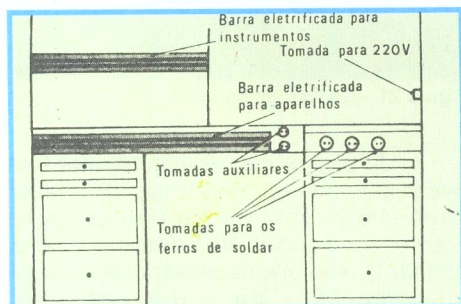



Figura 15 - Posicionamento das barras eletrificadas e tomadas auxiliares.

Como o aluno pode notar pelo esquema elétrico da figura 13, as barras são alimentadas através de um transformador. Trata-se de um **transformador de isolação** que, como sua denominação sugere, isola eletricamente, da rede de alimentação, os aparelhos ligados às barras. Isto fizemos para evitar que o operador fique sujeito a choques elétricos, quando trabalha com aparelhos do tipo CA/CC (sem transformador), onde um dos fios da rede é ligado diretamente ao chassi. Outra finalidade desse transformador é proteger os instrumentos contra eventuais curto-circuitos, pela mesma razão exposta acima. Ao secundário do transformador, ligamos um voltímetro para 110 V (no nosso caso), que permite verificar se o valor da tensão é o nominal, o que é muito importante quando se calibra um aparelho, para que o ajuste seja correto.

Nos locais onde a tensão varia muito, é aconselhável que o transformador seja regulável, manual ou, de preferência, automaticamente.

Caso o aluno não queira utilizar o transformador por razões econômicas, deve ligar as barras diretamente à chave-faca. Em nossa figura 13, marcamos com X os pontos de ligação. Usando-se o transformador regulador manual, ele deve ser colocado em local de fácil acesso. Sugerimos que seja à direita na bancada, logo abaixo do painel de ferramentas. Sendo automático, poderá ficar em qualquer lugar escondido, desde que ventilado.

d) Tomadas auxiliares

Sugerimos que se coloquem três tomadas auxiliares para usos especiais. Uma delas, do tipo comum de 2 furos, servirá para ligar a lâmpada flexível, de que já falamos, ou qualquer outro aparelho. Outra será destinada à alimentação de 220V. Aconselhamos a não colocá-la próximo às restantes, para evitar que, por engano, a ela seja ligado aparelho destinado a 110V. Em nossa bancada, instalamo-la na tábua lateral direita. Finalmente, a terceira tomada deve ser do tipo para plugue de três pinos, já que as ferramentas elétricas importadas, principalmente as furadeiras, trazem plugues desse tipo. O pino de posição diferente dos outros dois deve ser ligado à terra.

Aconselhamos a usar todas as tomadas auxiliares do tipo universal, isto é, que sirvam tanto para pinos chatos como para redondos.

As tomadas para 110 V serão ligadas à chave geral do circuito de alimentação de instrumentos e aparelhos. Aquela destinada a 220 V será ligada aos dois fios-fase da chave mestra.

e) Painel

Todas as chaves, interruptores, lâmpadas-piloto e fusíveis devem ser instalados em um painel de fácil acesso, para que se possa desligar a chave em caso de curto-circuito, em que o fusível não se abra, para facilitar o desligamento dos circuitos que não se deseja usar, e, também, para as trocas eventuais de fusíveis.

A localização do painel deve ser cuidadosamente escolhida, para evitar que contatos acidentais provoquem curto-circuitos. Tendo em vista que o operador trabalha com ferramentas metálicas e que, muitas vezes, o aparelho em observação tem caixa ou antena telescópica metálicas que podem provocar curto-circuitos, resolvemos instalar o painel contendo interruptores e

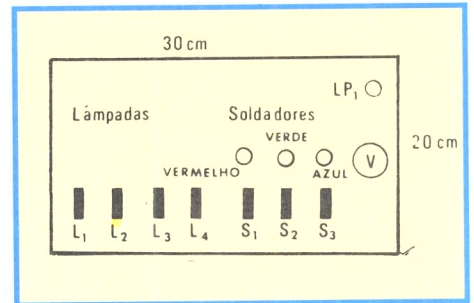



Figura 16 - Distribuição básica do painel.

lâmpadas indicadoras na parte da frente da bancada, e chaves gerais, fusíveis e chave-mestra, na parte lateral.

Certamente, a construção do painel depende das dimensões e do número de interruptores que o aluno deseja usar. Para a bancada proposta, é suficiente uma tábua de 30 x 20 cm, que será alojada na extremidade direita da prateleira, reservada aos instrumentos. A tábua pode ter 1 cm de espessura. Nela, faremos furos para alojar os interruptores, se forem do tipo de embutir, ou apenas pequenos orifícios (cerca de 1 cm de diâmetro) para a passagem dos fios de ligação, se se tratar de interruptores externos.

Na **figura 16**, mostramos um arranjo possível dos elementos do painel. Evidentemente, o aluno poderá modificá-lo de acordo com sua vontade e necessidade. Usamos, como indicadoras, 4 lâmpadas néon de 110V, do tipo olho-de-boi, de cores diferentes. Essas lâmpadas têm a vantagem de ocupar pouco espaço e de ter consumo de corrente insignificante.

A disposição das chaves e porta-fusível na tampa lateral da bancada, está indicada na **figura 17**.

Observações gerais:

1ª) As ligações podem ser efetuadas, todas elas, com fio 14 AWG encapado.

2ª) Os porta-fusíveis devem ser de porcelana e para fusíveis do tipo rolha.

3ª) Deve ser feito um furo de cerca de 2 cm de diâmetro, para a passagem dos condutores de alimentação do painel das chaves para a tábua da frente da bancada, onde estão as tomadas dos soldadores, tomadas auxiliares e as barras eletrificadas. Os fios para os soldadores e lâmpadas passam, antes, pelo painel dos interruptores. Deve ser feito um furo de 1 cm para a passagem dos fios da tomada de 220V, e outro de cerca de 1,5 cm de diâmetro para a entrada e saída dos fios do transformador. Os fios que saem do transformador passam pelo painel das chaves e entram novamente para o interior da bancada, a fim de serem ligados às barras eletrificadas. Para esse fim, é feito um furo de cerca de 2 cm. Por ele, passarão também os dois condutores das tomadas auxiliares.

4ª) Para a construção da bancada, não indicamos a espessura das tábuas laterais, mas estas não devem ser menores que 1,5 cm.

5ª) Caso a bancada não tenha nenhum de seus lados encostado à parede,

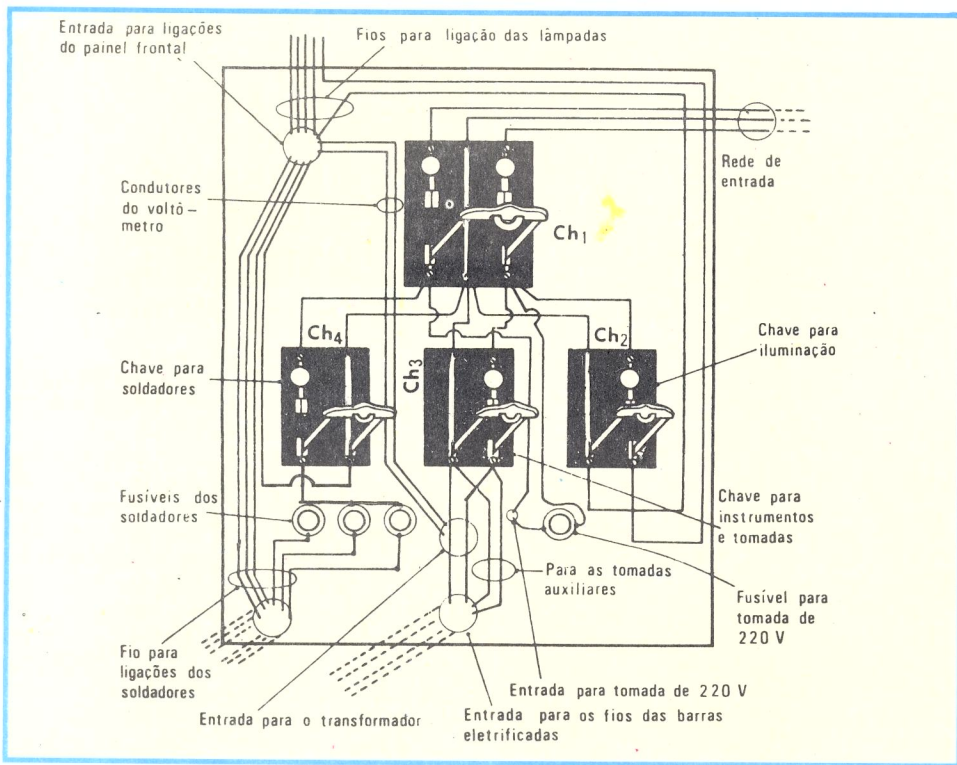



Figura 17 - Disposição das chaves e porta-fusíveis.

Figura 19 - Chave tipo Philips.

Figura 20 - Chaves tipo Allen.

pode se aproveitar para fazer aí, um compartimento para depósito de peças, principalmente de grande porte. Na figura 3, indicamos esse compartimento por A.

6ª) A bancada, depois de terminada, deve ser pintada com tinta para madeira, de cor clara. É conveniente forrar a prancheta com material isolante e resistente à abrasão. Pode-se usar fibra, mas, como esse material é caro e não é encontrado com facilidade, recomendamos o uso de "forração de borracha", dessa que se utiliza para passadeira, em residências.

7ª) Finalmente, voltamos a insistir que a bancada que descrevemos tem a finalidade de orientar o aluno na construção da sua, pois suas dimensões, divisões, circuitos, etc., podem e devem ser modificados, para se adaptarem às possibilidades de cada um. O importante é desenhar a bancada, verificar as dimensões cuidadosamente para, só após isso, cortar a madeira.

8ª) É importante que o aluno saiba que o condutor neutro não deve ser interrompido por chaves ou fusíveis, principalmente, que ele encontre-se aterrado, para uma melhor segurança.

9ª) Existem casos especiais em que se torna necessário substituir o revestimento de borracha da bancada por um metálico, devidamente aterrado. Isto se torna necessário quando do emprego de componentes sensíveis à eletricidade estática. É aconselhável também, quando nesta situação, que o corpo do reparador também esteja aterrado, através de uma braçadeira metálica.

10ª) As chaves tipo faca podem ser substituídas por disjuntores, que executam esta função já associada ao fusível, e possuem a vantagem de desarmar o circuito, sem que ocorra a perda do fusível.

6 - Ferramentas

Passaremos agora a indicar as ferramentas mais necessárias a uma oficina de consertos e montagem de aparelhos eletrônicos. Faremos uma descrição sucinta de cada uma delas. Devemos esclarecer que nem todas são imprescindíveis, mas não resta dúvida de que a ferramenta adequada facilita o trabalho e poupa tempo.

a) Chaves de fenda

A oficina deve dispor de jogos de chaves de fenda para vários tamanhos e tipos de parafusos. As chaves de fenda são indicadas pelo comprimento de sua haste. Assim, teremos chaves de 5 cm, 10 cm, 15, cm, etc. Em eletrônica, é também importante a tensão de isolação do cabo. Na **figura 18**, apresentamos, **o aspecto** da chave do tipo "fenda", na **figura 19** a chave tipo "Philips", e na **figura 20** a chave do tipo "Allen".

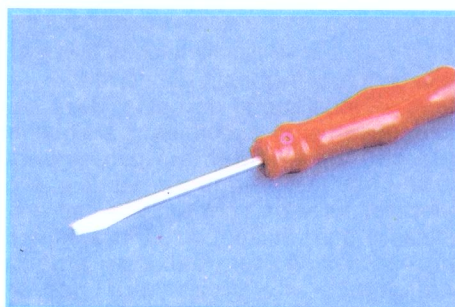



Figura 18 - Chave tipo fenda.

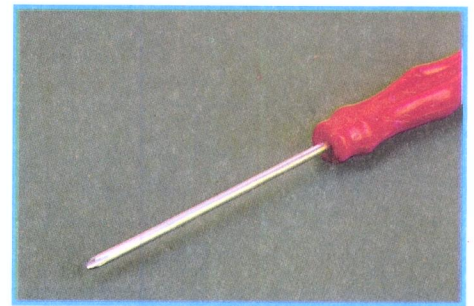
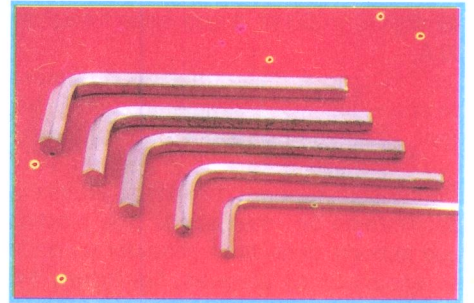



Figura 21 - Chave tipo canhão.

Julgamos conveniente apresentar neste momento um outro tipo de chave, conhecida como chave tipo soquete (também conhecida como "chave canhão"), sempre necessária durante a manutenção de determinados aparelhos.

Na **figura 21** apresentamos este tipo de chave.

b) Alicates

Existem vários tipos de alicates,

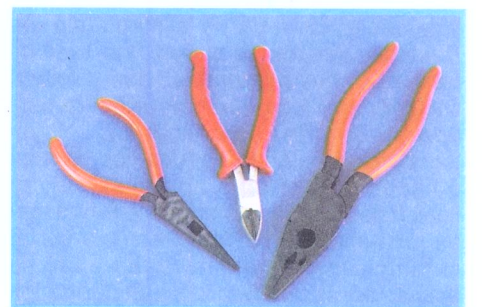



Figura 22 - Alicates dos tipos: bico, corte e universal.

sendo os mais utilizados em radiotécnica os de ponta (bico), de corte (diagonal) e o universal. Na **figura 22**, apresentamos esses três tipos, respectivamente, que existem em diferentes tamanhos. O aluno deverá possuir, se possível, vários deles. Os alicates também são adquiridos por sua dimensão. Assim, têm-se alicates de 10 cm (4"), 15 cm (6"), etc. Quanto ao de ponta, há os de ponta reta e os de ponta curva.

c) Limas

As limas são classificadas segundo seu formato e o uso a que se destinam.

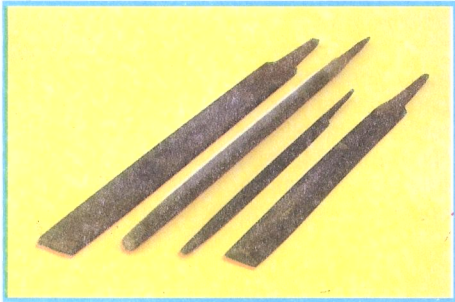



Figura 23 - Limas: chata, redonda, triangular e meia cana.

Assim, as mais comuns são as de formato chato, redondo, triangular e meia-cana, esta para ser usada em madeira ou ferro. É conveniente tê-las para os dois usos, já que em eletrônica se trabalha também com madeira. Na **figura 23**, apresentamos as limas citadas, respectivamente. A lima meia-cana para madeira recebe também o nome de grosa. Para facilidade de manuseio, as limas devem ser encabadas com madeira (isto é, possuir um cabo de madeira).

d) Martelos

O martelo é classificado pelo peso de sua parte metálica e pelo seu formato. Assim, temos martelos de 200 g, 500 g etc., e do tipo para carpinteiro, ferreiro, sapateiro, etc. Existem martelos especiais, feitos de plástico, madeira ou borracha, usados para endireitar chapas finas, mas não de muita aplicação em

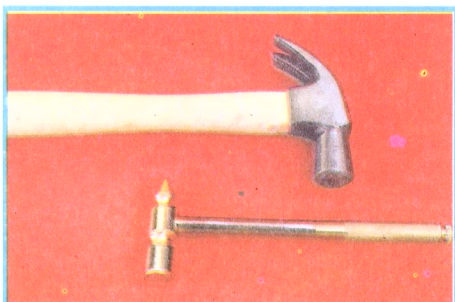



Figura 24 - Dois tipos de martelos.

oficina de eletrônica. Alguns tipos úteis são os que mostramos na **figura 24**. Os martelos devem ser encabados com madeira resistente ou com cano metálico (quando se fizer necessário).

e) Torno de bancada

É uma ferramenta bastante útil, porque permite prender peças, para nelas se efetuarem dobras, furos, desbastes, etc. Ele é conhecido também pelo nome de **morsa**. O torno é preso a uma bancada rígida, de preferência fixa ao solo. Ele possui um parafuso sem-fim, que aperta as maxilas que prendem a peça.

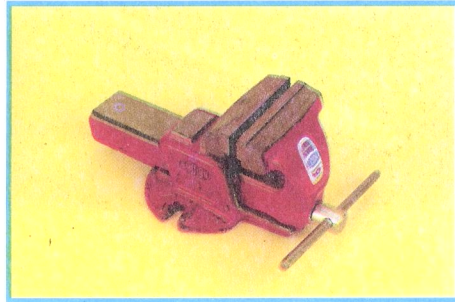



Figura 25 - Torno-fixo (morsa).

Na **figura 25**, apresentamos o aspecto de um torno de bancada. O torno é adquirido pelo seu tamanho, sendo numerado em tamanhos 1, 2, 3, etc. Para proteção das maxilas do torno, é conveniente confeccionar duas outras de chapas de cerca de 3 mm, em perfil dobrado (perfil L). O torno que mostramos na figura 25 é do tipo fixo, mas existe outro que pode sofrer um movimento de rotação em volta do eixo vertical: é o chamado **torno móvel.**

f) Furadeiras

Em toda oficina, é indispensável uma furadeira, manual ou elétrica. As furadeiras são classificadas pela abertura máxima do **mandril** ou bucha. Para trabalhos de eletrônica, mandril de até 12,7 mm (1/2") é suficiente. As furadeiras podem ser de uma ou duas velocidades. Para mandril de até 1/4", a furadeira é de

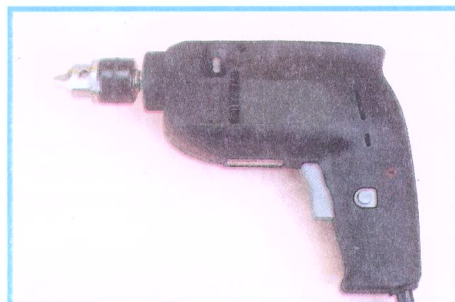



Figura 26 - Furadeira elétrica.

uma velocidade, para mandris maiores, é de duas, sendo a segunda a velocidade mais lenta. Existe furadeira que, em vez de cabo, tem uma chapa para se fazer pressão com o corpo. É a conhecida **furadeira de peito**. As furadeiras que trabalham no sentido vertical, comandadas por alavancas, são chamadas de **furadeiras de bancada**. Na **figura 26**, apresentamos o aspecto de uma furadeira elétrica.

g) Brocas

As brocas são usadas em conjunto com as furadeiras. Devem ser adquiridas de acordo com a abertura do mandril.

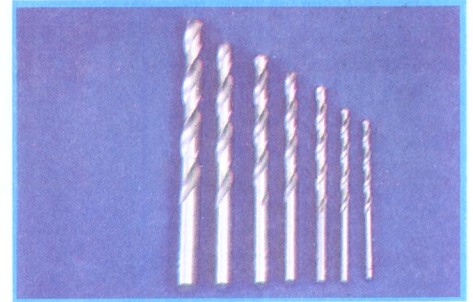



Figura 27 - Jogo de brocas.

É interessante dispor de um jogo de brocas para vários tamanhos. Na **figura 27**, apresentamos um jogo de brocas.

h) Serra para metal e para madeira

A serra para metal é presa a uma armação conhecida como **arco-de-serra**. As serras são feitas de aço temperado ou de aço rápido, e seus dentes podem ser de vários tamanhos. Em oficina de eletrônica, usa-se a serra de dentes finos. O importante é fixar a serra, de modo que os dentes fiquem inclinados para a frente.

Para cortar madeira, usa-se o serrote. Esta ferramenta é adquirida pelo tamanho de sua folha. Assim, tem-se serrote de 30 cm (12"), 50 cm (20") etc. Em oficina de rádio, é suficiente o serrote de 30 cm. Na **figura 28**, mostramos uma serra, um serrote e uma serra tico-tico

Figura 28 - Arco de serra, serrote e serra tico-tico elétrica.

elétrica, ideal para a realização de inúmeros serviços.

i) Esquadro

É indispensável para se riscar um ângulo reto. Existe grande variedade de esquadros: de metal, de madeira, fixo, móvel, com ou sem cabeça, etc. Na oficina, basta um metálico, fixo, com cabeça e de 30 cm. Na **figura 29**, mostramos um tipo esquadro.

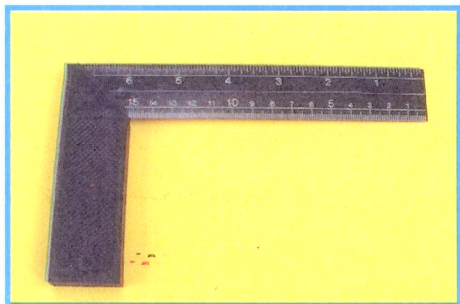



Figura 29 - Esquadro.

j) Pinça

Para trabalhos delicados em posições de difícil acesso, durante uma manutenção, é necessário que o técnico tenha à mão uma pinça. Esta deve ser, preferivelmente, de metal. Na **figura 30** mostramos um tipo simples de pinça.

Figura 30 - Pinça.

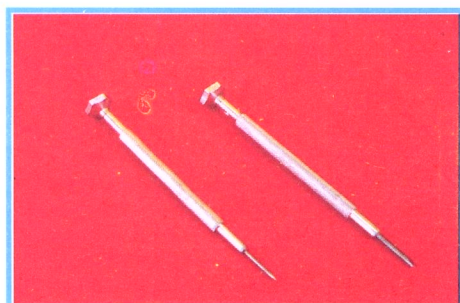



Figura 31 - Duas chaves de relojoeiro.

k) "Chave de Relojoeiro"

Ainda tendo em mente os serviços delicados, quase sempre, presentes na manutenção de equipamentos eletrônicos, ilustramos, na **figura 31**, dois modelos simples de chaves utilizadas por relojoeiros.

l) Sugador de Solda

Indispensável ao técnico, o sugador auxilia na remoção de soldas já efetuadas, garantindo, assim, um serviço de reparação mais fácil e de melhor qualidade. Na **figura 32** o ilustramos.

Figura 32 - Sugador de solda.

m) Esmeril

É uma ferramenta muito útil para afiar brocas, refazer a ponta de chaves de fenda, etc. O esmeril elétrico é o ideal para oficinas. Deve-se dar preferência ao tipo que possui dois rebolos (pedras), sendo um de grana grossa e outro de fina. Na **figura 33**, mostramos o esmeril elétrico.

Figura 33 - Esmeril e óculos protetor.

Quando trabalha com o esmeril, o operador deve usar óculos de proteção, pois as aparas incandescentes (fagulhas) que se desprendem da peça metálica são **perigosíssimas para a vista**.

As pedras de esmeril são adquiridas pelo tipo de grana do abrasivo e pelo diâmetro. Aconselhamos o diâmetro de 126 cm (5") e espessura de 15,8 mm (5/8").

n) Punção e ponteiro

O punção é destinado a marcar um centro, quando se deseja iniciar um furo. Com isso, evita-se que a broca saia da posição desejada. É usado com um martelo leve.

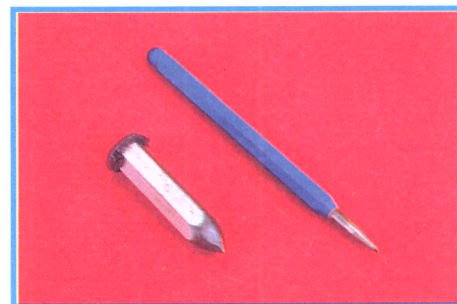



Figura 34 - Punção e ponteiro (riscador).

O ponteiro é uma haste de aço mais pontiaguda que o punção e serve para marcar centro em madeira, rebater rebites, embutir cabeças de pregos, etc. Na **figura 34**, mostramos o punção e o ponteiro. Essas ferramentas são encontradas em vários tamanhos.

o) Acessórios para limpeza

Em uma oficina de eletrônica, são bastante úteis os acessórios para limpeza de peças e ferramentas. Entre eles, podemos recomendar:

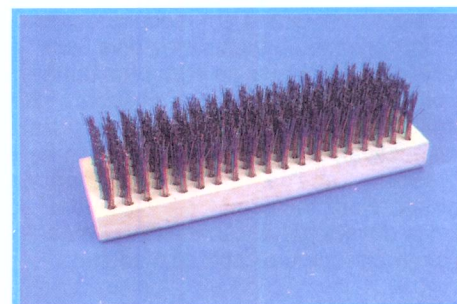



Figura 35 - Escova de aço.

1) A escova de limas, que é uma escova de fios de aço, usada também para limpar ponta de soldador, polir metal etc. **(figura 35)**.

2) Pincéis de pêlo para limpeza de pó de chassi. Existem pincéis chatos e redondos. Os pincéis chatos, com 5 cm ou mais, são chamados de **trinchas** **(figura 36).** Recomendamos dois pincéis, de 1 e 2 cm, e uma trincha de 5 cm ou mais.

3) Escova de pêlo para limpeza de superfícies grandes, principalmente bancada, móveis de madeira, etc. Na **figura 37**, mostramos a escova de pêlo.

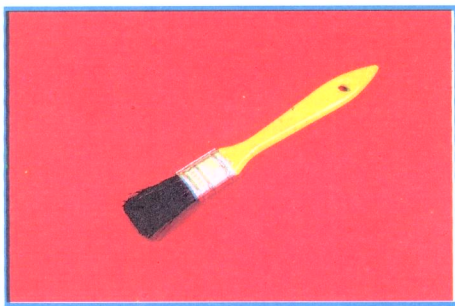



Figura 36 - Pincel para limpeza de aparelhos.

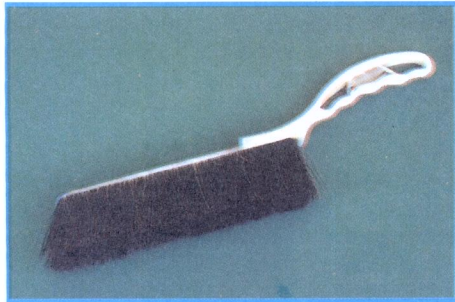



Figura 37 - Escova de pêlos para limpeza da bancada.

Acreditamos que estas sejam as ferramentas mais necessárias em uma oficina. Só mesmo a necessidade é que indicará outras, ao aluno.

GRÁFICOS
(1^a PARTE)

Introdução

No desenvolvimento de nosso curso, temos enaltecido, por diversas vezes, a utilidade dos **gráficos.** Já tivemos oportunidade de indicar diversos deles, como o da tensão e corrente alternada, o da deformação na amplificação, etc. Contudo, os gráficos não são usados somente em eletricidade ou eletrônica, mas em quase todos os ramos de atividade. Nos hospitais, por exemplo, a variação de temperatura (febre) de um paciente costuma ser indicada por um gráfico. Nas indústrias, a produção, venda, estoque, etc., também costumam ser indicados por gráficos. A razão da preferência pelo uso do gráfico está na rapidez e facilidade com que ele permite visualizar a modificação de um fenômeno. Além disso, existem fenômenos que não podem ser representados por fórmulas matemáticas, de maneira prática, e é aí, então, que o gráfico mostra sua real utilidade. Em eletrônica, esses fenômenos são freqüentes, justificando plenamente as noções que se seguem, sobre a construção e interpretação de gráficos.

I - Conceito de gráfico

Entende-se por gráfico a figura geométrica, ou seja, o desenho que representa, no papel, uma igualdade ou equação matemática.

O aluno já aprendeu que a lei de Ohm é representada, matematicamente, pela igualdade V = R . I. Essa igualdade, representada sob a forma de gráfico, tem o aspecto que mostramos na **figura 1.**

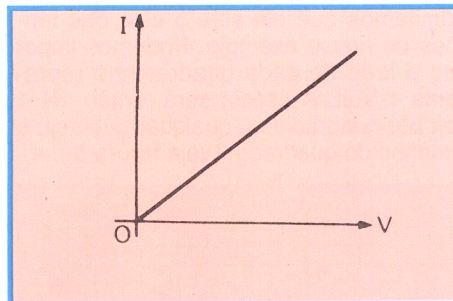



Figura 1 - V = R . I

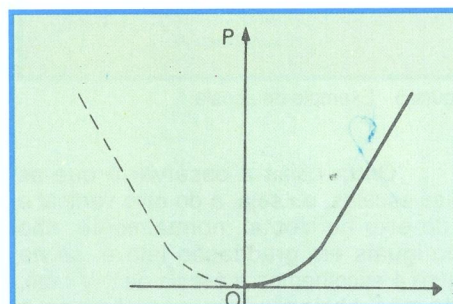



Figura 2 - $P = R . I^2$

Outro exemplo: A potência elétrica em função da corrente é calculada, como já estudamos, pela expressão $P= R . I^2$. Essa igualdade, representada sob a forma de gráfico, tem o aspecto que mostramos na **figura 2.**

Mas, não são somente as expressões matemáticas dos tipos citados, que são chamadas de **funções contínuas**, que podem ser postas sob a forma de gráfico. Realmente, a variação de temperatura de um doente, por exemplo, não obedece a qualquer equação matemática e é, comumente, posta sob forma de gráfico, para facilitar ao médico a análise da reação do paciente. Na **figura 3**, apresentamos um gráfico clínico de temperatura.

Nesses três exemplos, o aluno observa que o gráfico mostra a variação de uma grandeza, em função de outra. Assim, na figura 1, vê-se a variação da corrente, quando é variada a tensão. Diz-se então que a figura é o gráfico da **corrente em função da tensão**, ou, para facilidade de expressão, diz-se que é o gráfico **corrente X tensão** (que se lê corrente **versus** tensão).

Do mesmo modo, a curva da figura

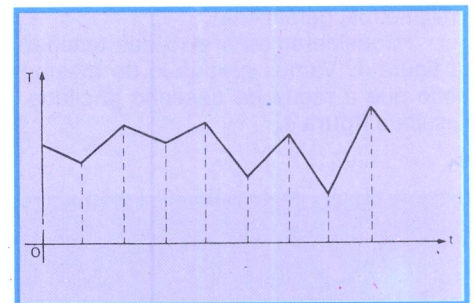



Figura 3 - Gráfico clínico de temperatura.

2 é o gráfico da **potência em função da corrente**, ou **potência X corrente**, e a curva da figura 3 é o gráfico da **temperatura em função do tempo ou temperatura X tempo.**

Analisando as três curvas das figuras citadas, notamos que elas apenas indicam o modo como as grandezas I (corrente), P (potência) e T (temperatura) variam, mas não dão nenhuma outra indicação prática, ou seja, a corrente varia com a tensão, segundo uma reta, a potência varia com a corrente, segundo uma curva chamada parábola, e a temperatura varia com o tempo, segundo uma curva quebrada, mas não mostram as quantidades de variação.

Para que o gráfico tenha utilidade prática, ele deve ter elementos indicativos dessas variações.

II - Elementos do gráfico

1 - Eixos

Nota-se, nas figuras apresentadas, que o gráfico tem dois segmentos de reta que se cortam, fazendo um ângulo reto, isto é, ângulo de 90°. A esses segmentos dá-se o nome de **eixos**. O eixo horizontal é chamado de **eixo das abscissas** e o eixo vertical, de **eixo das ordenadas**. Na prática, é costume nomear o eixo de acordo com a grandeza que sobre ele é representada. Assim, na figura 1, diremos que o eixo horizontal é o **eixo das tensões** e o vertical, o **eixo das correntes**. Para a figura 2, o eixo horizontal é o **eixo das correntes** e o vertical, o **eixo das potências**. Finalmente, para a **figura 3**, o eixo horizontal é o **eixo dos tempos** e o vertical, o **eixo das temperaturas**.

2 - Graduação dos eixos

Para que o gráfico seja útil, precisamos marcar, sobre seus eixos, valores numéricos. A isto se chama **graduar** o eixo. Consideremos uma régua comum. Ela simboliza um **eixo graduado**, pois representa um segmento de reta, que está dividido em centímetros

e milímetros, geralmente.

Consideremos o eixo das tensões da figura 1. Vamos graduá-lo do mesmo modo que a régua de desenho já citada. Resulta a **figura 4.**

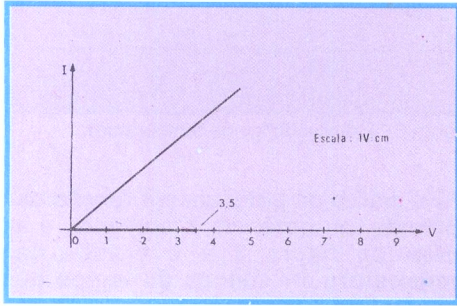



Figura 4 - Graduação dos eixos.

3 - Escala

O eixo horizontal da figura 4 está graduado; entretanto cada segmento unitário, como de 0 a 1, 1 a 2, 2 a 3, etc., tanto pode representar 1 volt, como 100 volts, 1 milivolt, etc.

Ao fixar o valor da grandeza, que cada um dos segmentos unitários representa, estamos definindo a **escala** do desenho. Assim, se na figura 4 escolhermos o **Volt** para a unidade de medida da tensão e o **centímetro** para a unidade de medida do segmento graduado, diremos que a escala do eixo das tensões é de 1 Volt por centímetro, o que podemos representar assim:

escala = 1 V : cm

Se desejarmos marcar sobre o eixo das tensões o valor 3,5 V, bastará medir, a partir do zero, 3,5 cm, como está indicado também na figura 4.

O ponto 0 (zero) é chamado de **origem**. Então, diremos que, para marcar 5,2 V no eixo das tensões, bastará medir 5,2 cm, a partir da origem.

Observe o aluno que nem sempre é possível utilizar a escala 1 V : cm. Suponha, por exemplo, que a tensão no gráfico da figura 4 deva variar de 100 em 100 Volts. Logicamente, para marcar 100 V no eixo das tensões, deveremos medir 100 cm (um metro), 200 V, 2 metros, e assim por diante. É claro, pois, que essa escala não serviria. Devemos mudar de escala. No caso, podemos conservar a graduação em centímetros e impor que cada centímetro represente 100 V. A nova escala seria, então, de **100 V : cm.** Dentro dessa nova escala, para marcar 630 volts, por exemplo, deveremos medir 6,3 cm no eixo das tensões, a partir da origem.

A escolha da escala depende, sempre, das dimensões do papel de que dispomos para a construção do gráfico e do maior valor da grandeza que deve ser representada. Mais adiante, daremos um exemplo esclarecedor. O importante é o aluno entender que **escala** é a proporção entre a unidade estabelecida para a grandeza física e a estabelecida para o desenho.

Note que a escala não tem que ser escolhida, necessariamente, em cm, milímetro, etc. Tomemos, por exemplo, uma folha de papel quadriculado e, sobre ela, tracemos um eixo horizontal. Admitamos que ele seja o eixo das tensões de nosso exemplo. Podemos impor que o lado de cada quadradinho represente 1 Volt. A escala será, então, de 1 Volt por quadradinho, qualquer que seja o tamanho do quadrado (Veja **figura 5**).

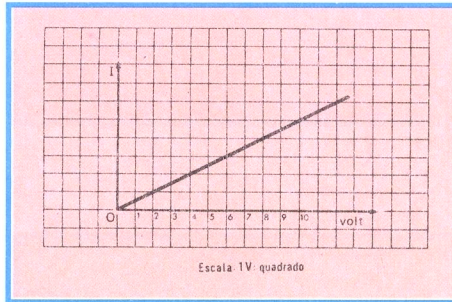



Figura 5 - Exemplo de escala.

Outra coisa a observar é que as duas escalas, ou seja, a do eixo vertical e a do eixo horizontal, normalmente, não são iguais em graduação isto é, se na figura 4 escolhemos a escala de 1 V : cm, isto não obriga a que escolhamos a escala de 1 A : cm para o eixo vertical. Esta última escala tanto pode ser maior como menor, dependendo, como já frisamos, das dimensões do papel e do maior valor que a corrente atinge.

4 - Coordenadas

Admita-se que os dois eixos do gráfico da figura 1 tenham sido convenientemente graduados e que tenha resultado a curva da **figura 6**. Então, qualquer ponto da curva (reta, no caso) fica individualizado pela sua distância ao eixo horizontal e ao eixo vertical. A esse par de valores damos o nome de **coordenadas**.

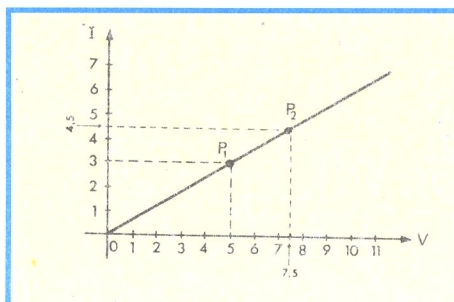



Figura 6 - Exemplos de coordenadas.

O ponto que chamamos de P1, na figura 6 tem coordenadas 5 e 3. O ponto P2 tem coordenadas 7,5 e 4,5.

O processo de representar as funções matemáticas (fórmulas), sob a forma de gráficos, deve-se ao matemático francês René Descartes. Por isso, diz-se que a função é representada em um **sistema de coordenadas cartesianas ortogonais.**

É dito sistema de coordenadas, porque cada ponto está associado às duas distâncias ao eixo. É **cartesiano**, em homenagem a Descartes, e é **ortogonal,** porque os eixos fazem entre si um ângulo de 90°, ou seja, um ângulo reto.

Observações:

1ª) A figura formada pelo conjunto de pontos coordenados é chamada, genericamente, de **curva**, mesmo que ela seja uma reta, como no caso da figura 1, ou quebrada, como mostrado na figura 3. Portanto, o aluno não deve estranhar, se encontrar uma reta, degrau, etc. com a designação de curva.

2ª) Quando os dois eixos se cruzam, fazendo ângulo diferente de 90°, o sistema deixa de ser ortogonal e passa a ser chamado de **oblíquo**. Na **figura 7,** apresentamos um gráfico em um sistema oblíquo.

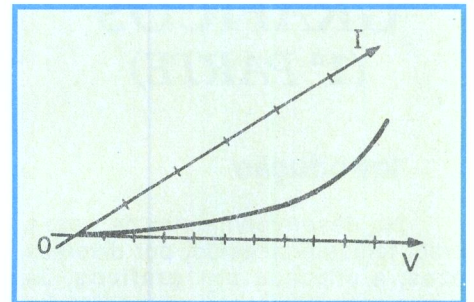



Figura 7 - Gráfico em sistema oblíquo.

3ª) Os dois semi-eixos do gráfico podem ser prolongados, o horizontal para a esquerda e o vertical para baixo, delimitando novas regiões para a construção das curvas. Como

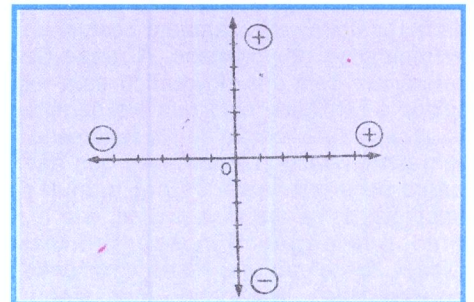



Figura 8 - Gráfico com valores negativos.

consideramos as graduações do semi-eixo horizontal positivas, à direita do ponto de origem, e as do vertical positivas para cima, graduaremos os prolongamentos desses semi-eixos com sinais negativos. Isto quer dizer que as ordenadas para baixo do ponto de origem e as abscissas à esquerda do ponto de origem são negativas. Na **figura 8** ilustramos essas afirmações.

5 - Escala logarítmica

Afirmamos, linhas atrás, que a escala de um gráfico é escolhida de acordo com as dimensões do papel disponível e do intervalo de valores a serem marcados nos eixos.

Pois bem, existem situações em que a escala linear, isto é, aquela em que o eixo é dividido em segmentos de mesmo valor, como milímetro, centímetro, etc., por exemplo, não é adequada, porque o gráfico ficaria com dimensões exageradas ou seus pontos ficariam tão juntos que não permitiriam qualquer conclusão útil. Vejamos uma situação real e freqüente:

Imagine o aluno que se queira verificar como varia **o ganho** de um amplificador de som, de acordo com as diversas freqüências a ele aplicadas. Trata-se, pois, de levantar a **curva de resposta em feqüência** do amplificador, que é, como se verá mais tarde, uma indicação da qualidade do amplificador.

Podemos escolher o eixo vertical como eixo do ganho e o horizontal como eixo das freqüências.

Suponhamos que o ganho varie de 0 a 10. É fácil, então, escolher uma escala para o eixo dos ganhos. Por outro lado, os sons que nossos ouvidos são capazes de perceber vão desde alguns Hertz até cerca de 16 000 Hz; logo, devemos aplicar ao amplificador freqüências desde 20 Hz até 20 000Hz.

É fácil verificar que a escolha da escala do eixo horizontal fica muito difícil. De fato, se escolhermos 1 Hz : mm, o eixo horizontal deverá ter, no mínimo, 20 000 mm, ou seja, 20m, o que é impraticável. Se escolhermos 200 Hz : mm, o eixo horizontal deverá ter 100 mm, ou seja, 10 cm, que é um valor razoável; todavia, os pontos do gráfico ficarão tão juntos que a curva não terá nenhum significado prático. Expliquemos melhor:

O nosso ouvido é mais sensível às freqüências do extremo inferior da faixa de áudio, ou seja, as freqüências que vão de 20 a 1 000 Hz. Ora, com a escala que adotamos, entre 20 e 1000 Hz, por exemplo, só poderíamos marcar 5 pontos (200, 400, 600, 800, e 1000 Hz) em 5 milímetros, o que não teria nenhum significado.

A solução é arranjarmos outra escala e, de preferência, que não seja linear. Escolhe-se, então, uma escala de

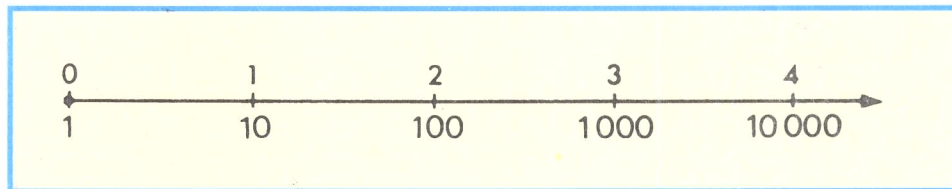



Figura 9 - Escala logarítmica.

potência, conhecida pelo nome de **escala logarítmica**, que tem a propriedade desejada, ou seja, a de espalhar os valores no início da faixa. Vejamos como:

O aluno sabe que:

$10^1 = 10$
$10^2 = 10 \times 10 = 100$
$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1\,000$
$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10\,000$

e assim por diante. Observa-se, imediatamente, que aos números que encimam os 10 da primeira coluna, números esses chamados **expoentes,** correspondem resultados cada vez maiores, chamados de **potência.** Assim, ao 1 corresponde o 10, ao 2 corresponde o 100, ao 3 corresponde o 1 000, o 4 corresponde ao 10 000, e assim por diante. Podemos, assim, tomar um eixo e dividi-lo, linearmente, ou seja, em segmentos iguais e, para cada unidade, marcar a potência correspondente. É o que mostramos na **figura 9**, onde tomamos 4 cm para unidade, ou seja, o segmento de 0 a 1 tem 4 cm, de 1 a 2, 4 cm, e assim por diante. O eixo está graduado **logaritmicamente**. Observe o aluno a vantagem dessa graduação para o exemplo que estamos examinando, que é o levantamento da curva de resposta de um amplificador, pois agora desaparece o problema da compressão da escala nas freqüências baixas, porque, para a variação de 1 a 1 000, temos 12 cm e para variação de 1 000 a 10 000, apenas 4 cm. Se desejarmos variar de 10 000 a 100 000, bastará acrescentar mais um segmento de 4 cm.

É claro que precisamos marcar mais pontos sobre o eixo, como por exemplo, os pontos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, no intervalo de 1 a 10; os pontos 20, 30, 40, etc., no intervalo de 10 a 100, e assim por diante.

É intuitivo que as divisões que fizermos de 1 a 10 serão as mesmas que valerão para 10 a 100, 100 a 1 000, 1 000 a 10 000, etc. Consideremos o intervalo de 0 a 1. O problema, agora, coloca-se como o inicial, ou seja:

equivalendo a dizer que se devem descobrir os valores de **x**, tais que o número 10, elevado a esses valores, dê os resultados desejados, ou seja, 2, 3, 4, 5, etc. Infelizmente, essa questão, embora simples, está acima da aritmética elementar, pois se trata de **cálculo logarítmico** e não vamos nos aprofundar no assunto. Basta consultarmos uma tabela de logaritmo e teremos os valores desejados. Assim, encontraremos que para 2, x = 0,30; para 3, x = 0,47; para 4, x = 0,60; para 5, x = 0,69; para 6, x = 0,72; para 7, x = 0,85; para 8, x = 0,90; e para 9, x = 0,95. Agora, o problema é simples. De fato, como tomamos 4 cm para marcar a variação de potência de 0 a 1, basta multiplicar cada um dos valores de x citados acima por 4 cm, para termos a locação dos pontos. Logo:

ponto 2 - 0,30 x 4 = 1,20 cm
ponto 3 - 0,47 x 4 = 1,88 cm
ponto 4 - 0,60 x 4 = 2,4 cm
ponto 5 - 0,70 x 4 = 2,80 cm
ponto 6 - 0,77 x 4 = 3,08 cm
ponto 7 - 0,84 x 4 = 3,36 cm
ponto 8 - 0,90 x 4 = 3,60 cm
ponto 9 - 0,95 x 4 = 3,80 cm

Marcamos esses pontos entre 0 e 1 (ou 1 e 10), 1 e 2 (10-100), 2 e 3 (100 1000), etc., e temos o eixo graduado na escala logarítmica. É o que mostramos na **figura 10.**

Para o levantamento de curvas, existe no mercado, papel já dividido em escala logarítmica, em vários tamanhos, para diferentes finalidades. Mostramos como é construída essa escala, porque nossa intenção é a de que o aluno tenha não só informação, mas, principalmente, uma formação técnica.

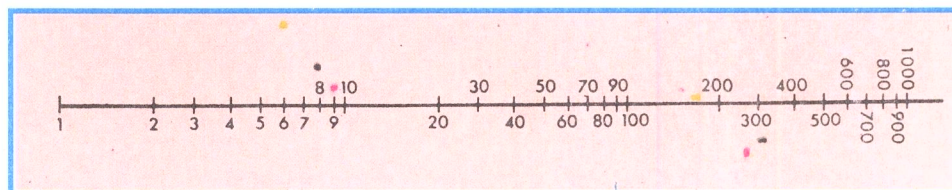



Figura 10 - Graduação da escala logarítmica.